

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт
«Электроэнергетика»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Г.Н. Чистяков
подпись инициалы, фамилия
«___» _____ 20 __ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код – наименование направления

Разработка системы электроснабжения Национального парка «Шушенский
бор» с использованием НВИЭ
тема

Руководитель	_____	<u>доцент каф. ЭЭ, к.т.н.</u>	<u>Е.В.Платонова</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>В.А. Грищенко</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____		<u>А.В. Коловский</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Абакан 2017

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на тему «Разработка системы электроснабжения Национального парка «Шушенский бор» с использованием НВИЭ» содержит 101 страниц текстового документа, 44 использованных источников, 3 листа графического материала.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ РЕГИОНОВ, РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК, РАСЧЕТ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ, РАСЧЕТ ВЕТРОВОЙ УСТАНОВКИ, РАСЧЕТ МИКРОГЭС, РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА РЕАЛИЗАЦИЮ ПРОЕКТОВ С НЕТРАДИЦИОННЫМИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ, РАЗРАБОТКА МАКЕТА СОЛНЕЧНОГО ГЕЛИОСТАТА.

Объект исследования – ГУЧ ФГУ "Национальный парк "Шушенский бор".

Основная цель разработка схемы электроснабжения с использованием нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Основная задача – разработать схему электроснабжения Национального парка «Шушенский бор» с использованием нетрадиционных возобновляемых источников энергии, чтобы она соответствовала всем заявленным требованиям.

В процессе проектирования были рассчитаны электрические нагрузки для каждого потребителя, после чего был произведен анализ и расчет всех возможных к применению нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Для схемы электроснабжения были выбраны удовлетворяющие всем техническим требованиям солнечные элементы, инверторы, солнечные контроллеры, аккумуляторы, ветрогенераторы и микроГЭС. В результате проектирования разработана система электроснабжения, соответствующая всем заявленным требованиям.

ABSTRACT

Final qualification work on topic "Development of power supply system of the National Park "Shushensky Bor" with RES" contains 101 pages of text document 44 sources used, 3 sheets of graphic material.

THE USE OF ALTERNATIVE AND RENEWABLE SOURCES OF ENERGY FOR ELECTRICITY IN REMOTE AND ECOLOGICALLY CLEAN REGIONS, CALCULATION ELECTRICAL LOAD, CALCULATION OF THE SOLAR POWER PLANT, THE CALCULATION OF THE WIND INSTALLATION, THE CALCULATION OF MICRO HYDRO, THE COST CALCULATION FOR PROJECTS WITH NON-TRADITIONAL RENEWABLE SOURCES OF ENERGY, DESIGN OF SOLAR HELIOSTAT.

The object of study – the GUCH FGU "national Park "Shushensky Bor".

The main goal of the design scheme of power supply using renewable energy. The main task is to develop a power supply circuit of the National Park "Shushensky Bor" using renewable energy to meet all the stated requirements.

In the design process were calculated electrical load for each consumer, followed by the analysis and calculation of all the possible use of nonconventional renewable sources of energy. For the power supply was chosen to meet all technical requirements of solar cells, inverters, solar controllers, batteries, wind turbines and micro hydro. The result of design designed power supply system that meets all stated requirements.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
институт

Электроэнергетика
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

И.о. заведующего кафедрой
электроэнергетики

_____ Г.Н. Чистяков
подпись инициалы, фамилия
«___» _____ 2017 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы
бакалаврской работы, дипломного проекта, дипломной работы, магистерской
диссертации

Студенту _____ Грищенко Владимиру Александровичу _____

_____ фамилия, имя, отчество
Группа 3-12 Направление (Специальность) _____ 13.03.02
_____ (код)

_____ «Электроэнергетика и электротехника»
_____ (наименование)

Тема выпускной квалификационной работы Разработка системы
электроснабжения Национального парка «Шушенский бор» с использованием
НВИЭ

Утверждена приказом по институту № 145 от 28.02.2017

Руководитель ВКР Платонова Е.В., декан ЭФ, к.т.н.

(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для ВКР Договор электроснабжения, ведомость погодных и климатических явлений, сведения о потребленной электрической энергии за 2014-2016

Перечень разделов ВКР:

1. Использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии для электроснабжения удаленных и экологически чистых регионов.
2. Характеристика объекта исследования (описание, действующая электроустановка, проблема и задачи).
3. Расчет и сравнительный анализ систем электроснабжения.
4. Расчет затрат на реализацию проектов с нетрадиционными возобновляемыми источниками энергии.
5. Разработка макета солнечного гелиостата.

Перечень графического материала:

1. Структурная схема СЭС «Пойлово».
2. Структурная схема СЭС «Таловка».
3. План расположения СЭС «Пойлово» и «Таловка».

Руководитель ВКР

подпись

Е.В. Платонова

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

В.А. Грищенко
подпись, инициалы и фамилия студента

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии для электроснабжения удаленных и экологически чистых регионов.....	7
1.1 Основные виды нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.....	7
1.2 Преимущества возобновляемых источников энергии в сравнении с традиционными	7
1.3 Обзор наиболее распространенных нетрадиционных и возобновляемых источников энергии применяемых для электроснабжения удаленных и экологически чистых регионов.....	8
1.3.1 Солнечные электростанции	8
1.3.2 Ветровые электроустановки.....	10
1.3.3 Малые и МикроГЭС.....	12
1.4 Примеры практического использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии для электроснабжения удаленных и экологически чистых регионов.....	13
2 Характеристика объекта исследования (описание, действующая электроустановка, проблема и задачи).....	15
2.1 Общие сведения об объекте исследования.....	15
2.2 Здания и сооружения, инфраструктура заповедника.....	16
2.3 Система электроснабжения объектов инфраструктуры заповедника..	18
2.4 Анализ энергетических потребностей объектов заповедника.....	28
3 Расчет и сравнительный анализ систем электроснабжения.....	32
3.1 Расчет электрических нагрузок.....	32
3.2 Расчет солнечной электростанции.....	44
3.2.1 Расчет режима работ СЭС.....	44
3.2.2 Выбор типа, количества и расположения ФЭМ СЭС.....	45
3.2.2.1 Выбор типа ФЭМ.....	45
3.2.2.2 Выбор количества ФЭМ.....	46
3.2.2.3 Выбор расположения ФЭМ СЭС.....	51
3.2.3 Выбор типа и количества аккумуляторных батарей.....	55
3.2.4 Выбор типа солнечного контроллера.....	60
3.2.5 Выбор типа инвертора.....	62
3.3 Расчет ветровой установки (ВЭУ).....	65
3.3.1 Расчет режима и требования к ВЭУ.....	65
3.3.2 Выбор типа ВЭУ.....	68
3.3.3 Выбор типа ветряного контроллера.....	70
3.3.5 Обоснование выбора ВЭУ как вспомогательного источника питания.....	72
3.4 Расчет микроГЭС.....	73

3.4.1 Обоснование применения микроГЭС на объектах.....	73
3.4.2 Расчет микроГЭС.....	76
3.4.2.1 Расчёт использования водной энергии.....	76
3.4.2.2 Расчёт мощности и выбор гидрогенератора.....	79
3.5 Сравнительный анализ альтернативных вариантов предлагаемых систем электроснабжения с использованием различных нетрадиционных возобновляемых источников энергии.	82
3.6 Влияние на экологию проектов с нетрадиционными возобновляемыми источниками энергии и соблюдение природоохранных требований.....	84
4 Расчет затрат на реализацию проектов с нетрадиционными возобновляемыми источниками энергии.....	86
4.1 Расчет затрат на потребленную электроэнергию.....	86
4.2 Укрупнённый расчет стоимости подключения к существующим сетям.....	86
4.2.1 Расчет стоимости строительства ПС 35/0,4 кВ «Пойлово».....	86
4.2.2 Расчет стоимости строительства ПС 6/0,4 кВ «Таловка».....	87
4.2.3 Расчет стоимости технологического присоединения объектов исследования.....	88
4.3 Стоимость установки нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.....	90
5 Разработка макета солнечного гелиостата	92
Заключение.....	93
Список использованных источников.....	94
Приложение А.....	98
Приложение Б.....	99

ВВЕДЕНИЕ

Электрическая энергия, один из самых важных видов энергии. Сегодня без нее невозможно представить жизнь и деятельность современного человека. От ее количества (выработки) зависит не только комфортные условия существования человека, но и развитие всех сфер производства, науки и техники. В настоящее время, наряду с традиционными источниками энергии, используют так называемые нетрадиционные возобновляемые источники энергии (НВИЭ). Особенно это актуально в экологически чистых районах, где не возможно применение традиционных источников энергии в виду их негативного влияния на окружающую среду, а так же на отдалённых объектах, где применение традиционных источников энергии нецелесообразно экономически или по другим причинам.

Целью данной работы является разработка проекта и применение современных систем электроснабжения на базе НВИЭ для развития энергорайона урочища «Пойлово» и «Таловка» ГУЧ ФГУ "Национальный Парк "Шушенский бор".

Задачи, решаемые в работе: разработка системы электроснабжения на основе НВИЭ, сравнение и анализ применения солнечных, ветряных и микрогидроэлектростанций в заданных условиях.

1 Использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии для электроснабжения удаленных и экологически чистых регионов

1.1 Основные виды нетрадиционных и возобновляемых источников энергии

Возобновляемые источники энергии - это виды энергии, которые непрерывно возобновляются в биосфере Земли. К данным источникам энергии относятся [1]:

- энергия солнца;
- энергия ветра;
- энергия воды, в том числе энергия волн, энергия приливов;
- геотермальная энергия;
- низкопотенциальная тепловая энергия земли, воздуха, воды с применением особых теплоносителей;
- энергия биомассы, включающая в себя: отходы производства и потребления, биогаз; газ, выделяемый отходами из свалок и т.п.;

Так же теоретически возможна и энергетика, основанная на использовании морских течений, теплового градиента океанов и т.п.

1.2 Преимущества возобновляемых источников энергии в сравнении с традиционными

Традиционная энергетика основана на применении ископаемого топлива, запасы которого ограничены. Она зависит от величины поставок и уровня цен на него.

Возобновляемая энергетика основана на разных природных ресурсах, что позволяет экономить не возобновляемые источники и использовать их в других отраслях экономики, а также сохранить для будущих поколений экологически чистую энергию.

НВИЭ экологически чистые: при их работе практически нет отходов, выброса загрязняющих веществ в атмосферу или водоемы. Отсутствуют экологические издержки, связанные с добычей, переработкой и транспортировкой ископаемого топлива.

В большинстве случаев НВИЭ-электростанции легко автоматизируются и могут работать без прямого участия человека.

В технологиях возобновляемой энергетики реализуются новейшие достижения многих научных направлений и отраслей: метеорологии, аэродинамики, электроэнергетики, теплоэнергетики, генераторо- и турбостроения, микроэлектроники, силовой электроники, нанотехнологий, материаловедения и т. д. Развитие наукоемких технологий позволяет создавать дополнительные рабочие места за счет сохранения и расширения научной, производственной и эксплуатационной инфраструктуры энергетики, а также

экспорта наукоемкого оборудования [2].

1.3 Обзор наиболее распространенных нетрадиционных и возобновляемых источников энергии применяемых для электроснабжения удаленных и экологически чистых регионов

1.3.1 Солнечные электростанции

Солнечная энергетика — использование солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде. Солнечная энергетика использует возобновляемый источник энергии и в перспективе может стать экологически чистой, то есть не производящей вредных отходов. Далее перечислены основные способы преобразования энергии солнца [3].

Получение электроэнергии с помощью фотоэлементов (солнечных батарей).

Преобразование энергии в фотоэлементах основано на фотовольтаическом эффекте, который возникает в неоднородных полупроводниковых структурах при воздействии на них солнечного излучения.

Эффективность преобразования зависит от электрофизических характеристик неоднородной полупроводниковой структуры, а также оптических свойств фотоэлементов, среди которых наиболее важную роль играет фотопроводимость. Она обусловлена явлениями внутреннего фотоэффекта в полупроводниках при облучении их солнечным светом.

В составе любой солнечной электростанции (СЭС), в том числе и микро, присутствуют одни и те же элементы. Они описаны ниже [4]:

1. Солнечные батареи. Они требуются для преобразования солнечной энергии в электрический ток. Солнечные батареи состоят из фотоэлектрических элементов. Изменяя число фотоэлементов, можно менять мощность и напряжение батареи;

2. Аккумулятор. Один или несколько аккумуляторов необходимы для накопления электрической энергии, поскольку выработка ток у солнечных батарей непостоянна во времени. Аккумуляторы будут отдавать накопленную энергию ночью и в облачную погоду. Ёмкость аккумуляторов определяет время работы бытовых приборов и освещения при простое солнечных батарей;

3. Инвертор. Устройство, которое преобразует постоянный ток от фотоэлементов в переменный, который потребляет нагрузка;

4. Различные соединения, контроллеры заряда, разряда батарей, провода, крепёж и прочее.

Упрощённая схема СЭС представлена на рисунке 1.

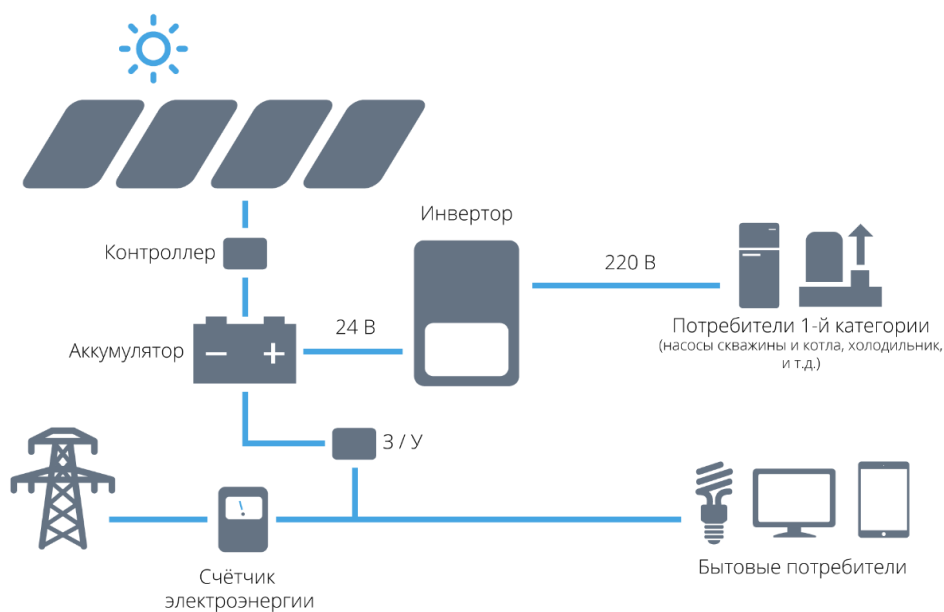


Рисунок 1 – Упрощённая схема СЭС

Получение энергии с помощью геотермальной солнечной энергии. Данный вид энергии образуется в результате нагревание поверхности, поглощающей солнечные лучи и последующее распределение и использование тепла (фокусирование солнечного излучения на сосуде с водой для последующего использования нагретой воды в отоплении или в паровых электрогенераторах).

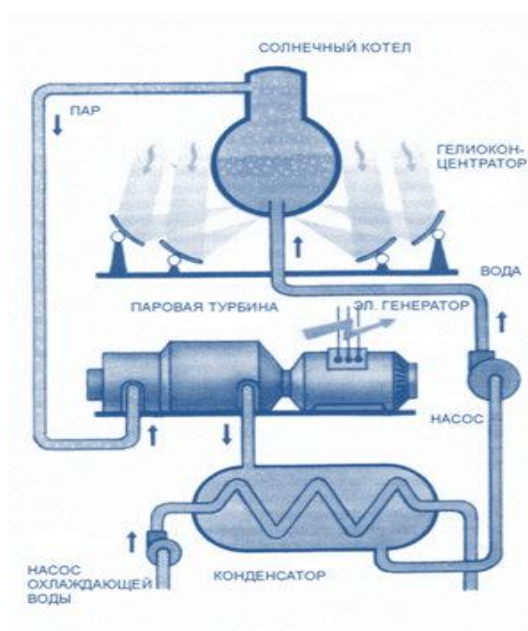


Рисунок 2 – Упрощённая схема гелиотермальной СЭС

Солнечный водонагреватель показан на рисунке 2 и состоит из короба со змеевиком, бака холодной воды, бака-аккумулятора и труб. Короб стационарно

устанавливается под углом 30-50° с ориентацией на южную сторону. Холодная, более тяжелая, вода постоянно поступает в нижнюю часть короба, там она нагревается и, вытесненная холодной водой, поступает в бак-аккумулятор. Она может быть использована для отопления, для душа либо для других бытовых нужд.

Достоинства и недостатки СЭС [4]:

Достоинства:

- Общедоступность и неисчерпаемость источника;
- Теоретически, полная безопасность для окружающей среды (однако в настоящее время в производстве фотоэлементов и в них самих используются вредные вещества).

Недостатки:

- Солнечная электростанция не работает ночью и недостаточно эффективно работает в утренних и вечерних сумерках;
- Дороговизна солнечных фотоэлементов. Вероятно, с развитием технологии этот недостаток преодолеют. В 1990—2005 гг. цены на фотоэлементы снижались в среднем на 4% в год;
- Недостаточный КПД солнечных элементов (вероятно, будет вскоре увеличен);
- Поверхность фотопанелей нужно очищать от пыли и других загрязнений. При их площади в несколько квадратных километров это может вызвать затруднения;
- Эффективность фотоэлектрических элементов заметно падает при их нагреве, поэтому возникает необходимость в установке систем охлаждения, обычно водяных;
- Через 30 лет эксплуатации эффективность фотоэлектрических элементов начинает снижаться.

1.3.2 Ветровые электроустановки

Ветер – поток воздуха, движущийся относительно земной поверхности со скоростью свыше 0,6 м/с [5].

Ветроэнергетика — отрасль энергетики, специализирующаяся на использовании энергии ветра — кинетической энергии воздушных масс в атмосфере. Энергию ветра относят к возобновляемым видам энергии, так как она является следствием деятельности солнца.

Ветрогенератор (ветроэлектрическая установка или сокращенно ВЭУ) – устройство для преобразования кинетической энергии ветра в электрическую.

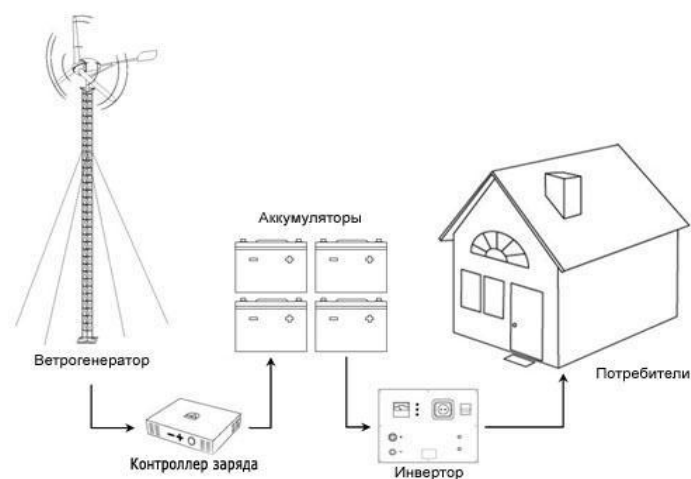


Рисунок 3 – Упрощенная схема ВЭУ

Ветрогенераторы можно разделить на две категории: промышленные и домашние (для частного использования). Промышленные устанавливаются государством или крупными энергетическими корпорациями. Как правило, их объединяют в сети, в результате получается ветряная электростанция. Её основное отличие от традиционных (тепловых, атомных) – полное отсутствие как сырья, так и отходов. Единственное важное требование для ВЭУ – высокий среднегодовой уровень ветра. Примерная схема ВЭУ представлена на рисунке 3.

Большинство типов ветродвигателей известны так давно, что история умалчивает имена их изобретателей. Основные разновидности ветроагрегатов делятся на две группы [5]:

1. Ветродвигатели с горизонтальной осью вращения (крыльчатые);
2. Ветродвигатели с вертикальной осью вращения - карусельные: лопастные и ортогональные.

Типы крыльчатых ветродвигателей отличаются только количеством лопастей.

Достоинства и недостатки ВЭУ [5]:

Достоинства:

- Экологически-чистый вид энергии;
- Эргономика;
- Возобновимая энергия;
- Ветровая энергетика - лучшее решение для труднодоступных мест.

Недостатки:

- Нестабильность;
- Относительно невысокий выход электроэнергии;
- Высокая стоимость;
- Природные условия;
- Шумовое загрязнение;
- Пожары.

1.3.3 Малые и МикроГЭС

Малая (микро) гидроэлектростанция или малая (микро) ГЭС (сокращенно МГЭС) - гидроэлектростанция, вырабатывающая небольшое количество электроэнергии за счет энергии движущейся воды. Общепринятого разделения МГЭС нет, в качестве основной характеристики таких ГЭС принята их установленная мощность. Так если мощность ГЭС не превышает 100 кВт, то ее относят к МГЭС, до 5 кВт к пико-ГЭС [6].

Гидроэлектростанции разделяют на следующие типы [6]: плотинные, бесплотинные деривационные, аккумулирующие, волновые и приливные.

Выбор гидрогенератора для микро-ГЭС зависит от потребителей производимой ею электроэнергии. Если предполагается запитывать приборы с активной нагрузкой, т.е. полностью преобразующие поступающую электроэнергию в ее иную форму (свет, тепло и т.п.), то подойдут асинхронные альтернаторы. Но в том случае, если в сети присутствуют электроприборы с реактивной нагрузкой (любые насосы и электродвигатели), возвращающие часть электрической энергии обратно в генератор, то справиться с этим может лишь синхронный генератор.

Достоинства и недостатки МГЭС [6]:

Достоинства МГЭС:

- генерация электроэнергии происходит от возобновляемого источника, более стабильного, чем солнечный свет и ветер;
- близость к конечному потребителю, энергетические потери на транспортировку при этом минимальны либо отсутствуют;
- низкая стоимость электроэнергии, с учетом нулевых затрат на исходное топливо;
- полное отсутствие каких-либо выбросов в атмосферу, минимальное воздействие на водные бассейны;
- выход на полную мощность у малых гидроэлектростанций занимает меньше времени, чем у генераторов на нефтепродуктах;
- вдали от центральных сетей энергоснабжения лишь МГЭС способны обеспечивать потребителей электроэнергией бесперебойно, т.к. не зависят от регулярных поставок горючего.

Минусы МГЭС:

- русла небольших рек и ручьев часто пересыхают летом и промерзают зимой;
- производительность МГЭС связана с напором воды и ее количеством;
- большие затраты на строительство.

1.4 Примеры практического использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии для электроснабжения удаленных и экологически чистых регионов

1. Ветро-солнечная электростанция с. Чемал Чемальского района республики Алтай [7].

Данная гибридная ветро-солнечная электростанция установлена в частном фермерском хозяйстве в удаленном регионе. Данная электростанция обеспечивает стабильную работу всех электроприборов необходимых для бытовых и производственных нужд. Общий вид электростанции представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Гибридная ветро-солнечная электростанция

2. Солнечные мини-электростанции в Алтайском биосферном заповеднике [7].

В 2015 году в Алтайском заповеднике было установлено 15 комплектов оборудования на основе возобновляемых источников энергии, в рамках средств, выделенных Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации на развитие альтернативных источников энергии.

Солнечные электростанции были установлены на кордонах Караташ, Байгазан, Камга, Чири и Беле. Ветро-солнечные электростанции установлены на кордонах Кокши, Челюш и на территории визит-комплекса Алтайского заповедника в с. Артыбаш. Так же предполагается установка Микро-гидроэлектростанции на трёх кордонах заповедника.

Данные НВИЭ позволят экономить от 25 до 75 % расходов на топливо для дизельных генераторов.

3. МикроГЭС на реке Ташта Алтайского края [8].

В сентябре 2012 в п. Новозыково Красногорского р-на на реке Ташта (озеро «Киреево») Алтайского края состоялся запуск микроГЭС с водоналивным колесом.

МикроГЭС установлена по заказу и при активном содействии директора ЗАО «Тайнинское» Киреева С.П. Разработанная и внедренная микроГЭС предназначена для энергоснабжения малых фермерских хозяйств, туристических комплексов и других небольших объектов, находящихся в отдаленных и труднодоступных районах Алтайского края и не имеющих централизованного энергоснабжения [8].

На рисунке 5 представлена МикроГЭС на реке Ташта Алтайского края.



Рисунок 5 – МикроГЭС на реке Ташта Алтайского края

2 Характеристика объекта исследования (описание, действующая электроустановка, проблема и задачи)

2.1 Общие сведения об объекте исследования

Лесничество «Национальный парк «Шушенский бор» далее «Парк» расположено на юге Красноярского края на территории Шушенского административного района и представляет собой два обособленных участка.

Горное участковое лесничество находится на расстоянии 70 км от п. Шушенское, ближайший населенный пункт к этому лесничеству – п. Черемушки. Площадь составляет, 34817 га. Горное лесничество условно делится на три объекта: 1) кордон «Таёжный» (далее объект - Пойлово), 2) кордон «Таловка» (далее объект Таловка) и 3) Визит – центр.

Одна из важнейших функций национального парка – поддержание и сохранение биологического разнообразия (или биоразнообразия), характеризующего разнообразие биологических видов животных, растений и микроорганизмов, существующих в ареале территории парка.

Для этого необходима рациональная организация территориально-хозяйственного устройства района парка – в том числе и в энергетической части, формирование структуры и функционального зонирования для достижения оптимальных условий развития парка, сохранения и улучшения природной среды, сохранения памятников природной и материальной культуры.

Территории расположения национального парка определяются её относительно южным расположением (53° с.ш.) и большим разнообразием форм рельефа и удалением от морей и океанов. Это придаёт климату черты очень большой континентальности: летом дневные температуры воздуха могут повышаться до +40°C, зимой - понижаться до минус 50°C.

Снежный покров устанавливается в конце первой – начале второй декады ноября, держится около 5 месяцев. Мощность снежного покрова от 140 мм до 200 мм.

Относительная влажность воздуха колеблется от 42 до 57 %.

Преобладающие ветры над территорией парка во все времена года – юго-западные и западные. Наименьшая повторяемость приходится на южные, юго-восточные и восточные ветры в тёплый период года. Средняя скорость ветра небольшая – от 1,3 до 4,8 м/сек.

Наименьшие скорости ветра отмечены в январе, наибольшие – в апреле - мае. На апрель и май падает и наибольшее число дней с сильными, более 15 м/сек., ветрами, что бывает нечасто.

Солнечная радиация является важнейшим источником тепловой энергии. Продолжительность солнечного сияния составляет 1716-2100 часов [9].

В таблице 1 приведены средние климатические показатели на территории объекта.

Таблица 1 – средние климатические показатели на территории объекта горное лесничество

Климатические характеристики	Показатели	
	по лесостепной зоне	по горно-таёжной зоне
Средняя температура января, °С	-21,0	-18,5
Средняя температура июля, °С	+20,0	+18,8
Абсолютный минимум, °С	-53	
Абсолютный максимум, °С	+39	
Продолжительность безморозного периода, дни	115	103
Продолжительность вегетационного периода, дни	159	150
Годовое количество осадков, мм	300	474
Число дней со снежным покровом	144	157
Высота снежного покрова, мм	150	240-400
Скорость ветра, м/сек.	2,0	1,7
Продолжительность солнечного сияния, час.	1716	1650
Относительная влажность воздуха, %	50	64

Гидрографическая сеть горного участка национального парка (Горное участковое лесничество) представляет разветвлённую систему горных рек и ручьев, стекающих с хребта Борус в северо-западном, юго-западном, южном и юго-восточном направлениях и впадающих в Саяно-Шушенское водохранилище, делающее в этом месте поворот на север в виде большого полукруга. Основные притоки Енисея: Пойлова, Большой и Малый Абдыр, Голованская Сосновка, Джойская Сосновка, Большая и Малая Говорихи. Ширина рек до 16 м, глубина до 0,8м, берега обрывистые, поймы практически нет [9].

Источниками питания рек служат грунтовые воды и поверхностный сток. В поверхностном стоке доминирующими являются весенние паводковые воды, стекающие по не оттаявшим грунтам. Весенний сток, начиная с конца апреля и до середины июня, формируется в виде 5-6 пиков, совпадая с активным таянием снега в горах и дождями. С конца июля по август наблюдается повышение уровней воды в реках за счет дождевых паводков [10].

Реки и озёра замерзают в конце октября, практически все промерзают до дна. Вскрываются реки в конце апреля. В конце весеннего половодья и летних дождевых паводков уровень воды в реках поднимается до 2 м, скорость течения увеличивается до 3 – 4 м/сек [9].

2.2 Здания и сооружения, инфраструктура заповедника

1. Кордон «Таежный» (Пойлово).

На данном объекте находятся несколько зданий, которые можно разделить на два типа – здания предназначенные для отдыха и проживания туристов и хозяйственно-бытовые постройки.

В первый тип включает в себя двухэтажный дом с номерами для проживания, еще несколько домиков меньшего размера, баню, теплый туалет, а так же садово-парковые постройки, беседки и т.п.

Второй тип зданий включает в себя помещения для отдыха и проживания персонала, кухню, гараж и сарай для хранения инвентаря, причал а так же навес и дровяник.

Все постройки собраны из бруса и обшиты досками или пластиковым панелями, хозяйственно-бытовые постройки не облицованы. Двери и окна пластиковые или же деревянные двойные. Водоснабжение зданий проводится насосами из ручья, искусственного озера или колодца. Обогрев всех зданий, за исключением здания персонала и кухни (обогрев дровяной печью) реализован на электрических конвекторах.

2. Кордон «Таловка» (Таловка).

На данном объекте находятся несколько зданий, которые можно так же разделить на два типа – здания предназначенные для отдыха и проживания туристов, хозяйственно-бытовые постройки и визит-центр.

В первый тип включает в себя несколько одноэтажных домиков, деревянную юрту, баню, а так же садово-парковые постройки, беседки и т.п.

Второй тип зданий включает в себя помещения для отдыха и проживания персонала, сарай для хранения инвентаря, а так же навес и дровяник.

Все постройки собраны из бруса и обшиты досками, хозяйственно-бытовые постройки не облицованы. Двери и окна деревянные. Водоснабжение зданий проводится насосами из ручья, искусственного озера или неглубокой скважины. Обогрев всех зданий, за исключением здания визит-центра (электрические конвекторы) – печное на дровах.

3. Визит-центр

На данном объекте находятся два здания гараж и визит-центр.

Визит-центр – это двухэтажное здание из кирпича, облицованное пластиковыми панелями с утеплителем из минеральной ваты. На первом этаже располагается административные помещения и выставочный зал Визит-центра. На втором этаже находится гостиница на два номера.

Гараж– это двухэтажное здание из кирпича, облицованное пластиковыми панелями с утеплителем из минеральной ваты. Состоит из двух больших помещений для хранения спецтехники и инвентаря.

Двери и окна все пластиковые или металлические с утеплителем. Водоснабжение зданий проводится насосом из неглубокой скважины. Обогрев всех зданий на электрических конвекторах.

На объекте Парка используются такие виды топливо-энергетические ресурсы – далее ТЭР, как – электроэнергия, вода, моторное топливо, печное топливо в виде заготовленных дров. Все виды ТЭР поступают как от сторонних, а так же от собственных источников.

От сторонних источников поступаю такие виды ТЭР как: - топливо и горюче смазочные материалы для техники и бензогенераторов, а так же электроэнергия.

Такие виды ТЭР как: вода и печное топливо поступает от собственных источников.

2.3 Система электроснабжения объектов инфраструктуры заповедника

1. Кордон «Таежный» (Пойлово).

Электрическая энергия на Кордон «Таежный» (Пойлово) поступает от ПС 35/0,4 кВ «Пойлово» от ВЛ 35 кВ Т-74. Других источников питания и ВЛ объект не имеет, ввиду его удаленности от основных дорог и магистралей, а так же наличия естественной преграды – река Енисей и сложного рельефа местности.

Мощность трансформатора ПС 35/0,4 кВ «Пойлово» составляет 250 кВА. Далее к распределительному шкафу объекта идет ВЛ 0,4 кВ выполненная самонесущим изолированным проводом – СИП на деревянных опорах с железобетонным пасынком (приставкой). От распределительного шкафа к потребителям электрическая энергия распределяется кабельными линиями или воздушными линиями 0,4 кВ по территории кордона. В жилых и хозяйственных помещениях проводка выполнена в пластиковых кабель каналах, гофре, либо скрытым типом. В каждом здании имеется свой распределительный щит.

Данные по энергообеспечению согласно договора на поставку электрической энергии ОАО «Хакасэнергосбыт» представлены в таблице 2. По надежности электроснабжения данный объект отнесен к III категории.

Таблица 2 – Данные по энергообеспечению объекта

Точка поставки	Объект энергоснабжения	Электрический адрес	Расчетный уровень напряжения	Категория схемы электроснабжения	Расчетный прибор учета	Максимальная мощность энергопринимающих устройств, кВт	Режим работы энергопринимающих устройств	Ценовая категория	Группа по максимальной мощности
Отходящая КЛ-0,4 кВ от АВ-0,4 кВ шкафа учета	Урочище Пойлово	ГПП-2, 110/35/6 кВ, ф.Т-74, МТП 35/0,4 кВ «Пойлово» 250 кВА	НН (0,40 кВ)	3	СА4У - И672 М	57 кВт	Круглосуточно, без выходных	Прочие потребители	1

Расход электроэнергии за три года ежемесячно представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Расход электроэнергии на объекте по месяцам

Расход э/э, кВт*ч			
Месяц	2016 год	2015 год	2014 год
Январь	13500	23220	19600
Февраль	10900	12560	20320
Март	8900	9200	4900
Апрель	3940	6240	5640
Май	4160	3400	3800
Июнь	1860	2780	1830
Июль	2080	2220	1540
Август	3010	3360	3120
Сентябрь	3460	4680	3920
Октябрь	6840	7760	8620
Ноябрь	10340	8040	11460
Декабрь	10980	9920	15980
Итого	79970	93380	100730

Из таблицы 3 видно, что максимальное потребление электрической энергии приходится на зимние месяцы, минимальное на летнее – что связано с в основном с обогревом помещений.

Данные по электроприемникам объекта представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Данные по электроприемникам объекта Пойлово

Место установки электроприемника	Электроприемник	Количество, шт.	Мощность одного ЭП, Вт	Общая мощность, Вт
1	2	3	4	5
Территория визит центра, причал, освещение хоз. построек	Уличный светильник с энергосберегающей лампой (Е40)	3	85	255
	Светильник уличный (лампа ДРЛ)	2	250	500

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
	Прожектор	1	500	500
	Уличное освещение (лампа ДРЛ)	2	250	500
	Уличное освещение (светодиодный светильник)	2	30	60
	Уличное освещение (светодиодный светильник)	1	50	50
	Освещение уличное и хоз. построек на ЛН Е27	10	20	200
	Освещение уличное и хоз. построек на ЛБ 40 Вт	2	92	184
	Насос	1	250	250
Итого по территории визит-центра				2499
Дом отдыхающих (VIP приют)	Светильник с ЛН Е27	36	20	720
	Светильник с ЛН Е27	12	20	240
	Конвектор электрический Thermor EVIDENCE 2 ELEC 2000	8	2000	16000
	Конвектор электрический Thermor EVIDENCE 2 ELEC 1500	6	1500	9000
	Конвектор электрический Thermor EVIDENCE 2 ELEC 1000	1	1000	1000
	Конвектор электрический Thermor EVIDENCE 2 ELEC 750	2	750	1500
	Насос водяной	1	780	780
	Бойлер электрический	2	3000	6000
	Холодильник	1	200	200
	Плита 4х конфорочная	1	5500	5500
	Чайник	1	1200	1200
	ЖК телевизор	1	150	150
	СВЧ печь	1	2500	2500
	Вытяжка	1	150	150
	Тепловая завеса	1	2000	2000
	ТВ приставка и DVD плеер	1	200	200
Итого Дом отдыхающих (VIP приют)				47140

Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5
Баня	Светильник с ЛН Е27	5	20	100
	Магнитофон	1	500	500
	Чайник	1	1200	1200
	Конвектор электрический	1	2000	2000
	Трансформатор 220/36	1	250	250
Итого Баня				4050
Туалет	Конвектор электрический Thermor EVIDENCE 2 ELEC 1500	2	1500	3000
	Светильник с ЛН Е27	3	20	60
Итого Туалет				3060
Дом отдыхающих (двухэтажный приют)	Светильник с ЛН Е27	8	20	160
	Конвектор электрический	3	2000	6000
	Холодильник	1	200	200
	Плита 2х конфорочная	1	3500	3500
	Чайник	1	1200	1200
	ЖК телевизор	1	150	150
	ТВ приставка и DVD плеер	1	200	200
Итого Дом отдыхающих (двухэтажный приют)				11410
Дом отдыхающих (одноэтажный приют)	Светильник с ЛН Е27	3	20	60
	Плита 2х конфорочная	1	3500	3500
	Конвектор электрический	3	2000	6000
	Пылесос	1	1800	1800
Итого Дом отдыхающих (одноэтажный приют)				11360
Домики служебные для персонала и хоз. постройки	Светильник с ЛН Е27	8	20	160
	ЖК телевизор	1	150	150
	ТВ приставка и DVD плеер	1	200	200
	Система видеонаблюдения	1	500	500
	Холодильник	1	200	200
	Морозильная камера	1	100	100
	Чайник	1	1200	1200
	СВЧ печь	1	2000	2000
	Плита 2х конфорочная	1	3500	3500
	Светильник люминесцентный 2 лампы	1	84	84
	Станок точильный	1	500	500
	Станок заточной	1	300	300
Итого Домики служебные для персонала и хоз. постройки				8894
Итого Пойлово				88413

2. Кордон «Таловка» (Таловка).

Электрическая энергия на Кордон «Таловка» (Таловка) поступает от ТП 6/0,4 кВ «ТП 11А-02-05» от ВЛ 6 кВ ф.11А-02. Других источников питания и

ВЛ объект не имеет ввиду его удаленности и сложного рельефа местности. Мощность трансформатора составляет 100 кВА. Далее к распределительному шкафу объекта идет КЛ 0,4 кВ в траншее (в земле). От распределительного шкафа к потребителям электрическая энергия распределяется кабельными линиями или воздушными линиями 0,4 кВ по территории кордона. В жилых и хозяйственных помещениях проводка выполнена в пластиковых кабель каналах, гофре, либо скрытым типом. В каждом здании имеется свой распределительный щит.

Данные по энергообеспечению согласно договора на поставку электрической энергии ОАО «Хакасэнергосбыт» представлены в таблице 5. По надежности электроснабжения данный объект отнесен к III категории.

Таблица 5 – Данные по энергообеспечению объекта

Точка поставки	Объект энергоснабжения	Электрический адрес	Расчетный уровень напряжения	Категория схемы электропитания	Расчетный прибор учета	Максимальная мощность энергопринимающих устройств, кВт	Режим работы энергопринимающих устройств	Ценовая категория	Группа по максимальной мощности
КЛ-0,4 кВ от РУ-0,4 ТП 11А-02-05 до РЩ-0,4 кВ	Кордон «Таловка»	ПС №11А 6(0,4 кВ, ТП 11А-02-05 100 кВА	НН (0,4 кВ)	3	ЦЭ 6803В	16 кВт	Круглосуточно, без выходных	Прочие потребители	1

Расход электроэнергии за три года ежемесячно представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Расход электроэнергии на объекте по месяцам

Расход э/э, кВт*ч			
Месяц	2016 год	2015 год	2014 год
Январь	2672	2817	2808
Февраль	1849	2261	2280
Март	1194	1535	1358
Апрель	670	1018	1086
Май	486	697	658
Июнь	339	401	435
Июль	431	424	435
Август	460	394	403
Сентябрь	504	674	598
Октябрь	1559	1017	1235
Ноябрь	1678	1577	1605
Декабрь	1760	1494	1654
Итого	13602	14309	14555

Из таблицы 6 видно, что максимальное потребление электрической энергии приходится на зимние месяцы, минимальное на летнее – что связано с в основном с обогревом помещений. Так же заметно снижение энергопотребления, что связано с переходом на энергосберегающие лампы и системой экономии энергии.

Данные по электроприемникам объекта представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Данные по электроприемникам объекта Таловка

Место установки электроприемника	Электроприемник	Количество, шт.	Мощность одного ЭП, Вт	Общая мощность, Вт
1	2	3	4	5
Дом персонала и мастерская	Светильник с ЛН Е27	5	20	100
	Светильник люминесцентный 2 лампы	4	84	336
	Чайник	1	1200	1200
	Плита 2х конфорочная	1	3000	3000
	ЖК телевизор	1	150	150
	Микроволновая печь	1	1500	1500
	Холодильник	1	200	200
	Сверлильный станок	1	1000	1000
	Ручной электроинструмент (общая)	1	2000	2000
	Шлифовальный станок	1	1500	1500
	Магнитофон	1	300	300
Итого Дом персонала и мастерская				11286

Окончание таблицы 7

1	2	3	4	5
Административные здание (Таловка)	LED прожектор	2	30	60
	Система видеонаблюдения	1	500	500
	Конвектор электрический Теплофон ТМ-220 1500	2	2000	4000
	светильник потолочный внутренний	9	40	360
	Светильник с ЛН Е27	2	20	40
	Офисная техника (компьютер, монитор т.д.)	1	500	500
Итого Административное здание (Таловка)				5460
Баня (Таловка)	Светильник уличный (лампа ДРЛ)	1	250	250
	Водонагреватель (проточный)	1	2000	2000
	Чайник	1	1200	1200
	Конвектор электрический переносной	1	2000	2000
	Светильник с ЛН Е27	7	20	140
	Трансформатор 220/36	1	250	250
	Насос	1	250	250
Итого Баня (Таловка)				6090
Дома для отдыхающих с инфраструктурой	LED прожектор	5	30	150
	Светильник с ЛН Е27	10	20	200
	Водонагреватель (проточный)	1	1000	1000
	Холодильник	2	200	400
	Чайник	1	1200	1200
	Светильник люминесцентный 1 лампа	6	42	252
Итого Дома для отдыхающих с инфраструктурой				3202
Итого Таловка				26038

3. Визит-центр.

Электрическая энергия на объект Визит-центр поступает от ТП 6/0,4 кВ «ТП 11А-02-06» от ВЛ 6 кВ ф.11А-02. Данный объект не имеет второго источника питания, но ввиду его незначительной удаленности от одной ПС 35 кВ и двух ПС 6 и 10 кВ (расстояние от 500 до 100 м) находится в более лучших условиях чем остальные объекты.

Мощность трансформатора составляет 400 кВА. Далее к распределительному шкафу объекта идет КЛ 0,4 кВ в траншее (в земле). От распределительного шкафа установленного в гаражном боксе к потребителям электрическая энергия распределяется кабельными линиями. В жилых и хозяйственных помещениях проводка выполнена в пластиковых кабель каналах, гофре, либо скрытым типом. В каждом помещении имеется свой небольшой распределительный щит. По надежности электроснабжения данный объект отнесен к III категории.

Данные по энергообеспечению согласно договора на поставку электрической энергии ОАО «Хакасэнергосбыт» представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Данные по энергообеспечению объекта

Точка поставки	Объект энергоснабжения	Электрический адрес	Расчетный уровень напряжения	Категория схемы электроснабжения	Расчетный прибор учета	Максимальная мощность энергопринимающих устройств, кВт	Режим работы энергопринимающих устройств	Ценовая категория	Группа по максимальной мощности
КЛ-0,4 кВ от РУ-0,4 ТП 11А-02-06 до ВРУ-0,4 кВ	Административное здание взмгит-центр	ПС №11А 35/6 кВ, ТП 11А-02-06 400 кВА	СН2 (6,0 кВ)	3	СКАТ 301 Э\1-4ШР2	3 кВт	Круглосуточно, без выходных	Прочие потребители	1

Расход электроэнергии за три года помесечно представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Расход электроэнергии на объекте по месяцам

Расход э/э, кВт*ч			
Месяц	2016 год	2015 год	2014 год
Январь	11627	13863	14023
Февраль	8366	8987	9120
Март	2128	6660	5356
Апрель	2122	3003	3128
Май	933	997	1051
Июнь	425	563	568
Июль	721	460	501
Август	1121	553	645
Сентябрь	5331	1270	3274
Октябрь	9089	3160	5690
Ноябрь	9124	8319	9128
Декабрь	9846	10500	10345
Итого	60833	58335	62829

Из таблицы 9 видно, что максимальное потребление электрической энергии приходится на зимние месяцы, минимальное на летнее – что связано с в основном с электрическим обогревом помещений. Так же заметно снижение энергопотребления, что связано с переходом на энергосберегающие лампы и системой экономии энергии.

Данные по электроприемникам объекта представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Данные по электроприемникам объекта Визит центр

Место установки электроприемника	Электроприемник	Количество, шт.	Мощность одного ЭП, Вт	Общая мощность, Вт
Двор и ограждение	Уличный светильник с энергосберегающей лампой (E40)	5	85	425
	Насос	1	250	250
Административные помещения 1 этаж	Светильник люминесцентный 4 лампы	13	74	962
	Светильник с ЛН E27	12	20	240
	Конвектор электрический Thermor EVIDENCE 2 ELEC 1500	6	1500	9000
	Конвектор электрический Thermor EVIDENCE 2 ELEC 1000	4	1000	4000
	Конвектор электрический Thermor EVIDENCE 2 ELEC 750	1	750	750
	Радиостанция	1	300	300
	Холодильник	1	200	200
	Плита электрическая	1	1000	1000

Окончание таблицы 10

Место установки электроприемника	Электроприемник	Количество, шт.	Мощность одного ЭП, Вт	Общая мощность, Вт
	Чайник	1	1200	1200
	ЖК телевизор	1	150	150
	Бойлер электрический	1	2500	2500
	Бойлер электрический	1	1500	1500
	Устройство для обогрева труб	1	1100	1100
	Офисная техника (компьютер, принтер и т.д.)	1	800	800
Итого (Административные помещения 1 этаж)				24377
Гараж	Светильник люминесцентный	6	84	504
	Светильник E27	4	20	80
	Чайник	1	1200	1200
	Конвектор электрический Thermor EVIDENCE 2 ELEC	6	1000	6000
	Компрессор	1	2000	2000
	Заряжающее устройство, станок и прочая нагрузка	1	2000	2000
Итого Гараж				11784
Помещение для отдыха (гостиница) 2 этаж	Конвектор электрический Thermor EVIDENCE 2 ELEC	11	1000	11000
	Светильник с ЛН E27	36	20	720
	Пылесос	1	2200	2200
	Холодильник	2	200	400
	Плита 4х конфорочная	1	5500	5500
	Плита 2х конфорочная	1	3000	3000
	Чайник	2	1200	2400
	ЖК телевизор	2	150	300
Итого Помещение для отдыха (гостиница)				25520
Итого Визит центр Таловка				61681

2.4 Анализ энергетических потребностей объектов заповедника

Исходя из выше представленных таблиц (таблицы 4, 7, 10) распределение потребления электрической энергии на всех трех объектах по типу электроприемников, представлена в таблице 11, 12 и 13, а по процентному соотношению на рисунке 6, 7 и 8.

Основную часть электроприемников объектов можно разделить на следующие группы:

- Электрическое освещение;
- Электрические обогреватели;
- Бытовые электроприборы (кухонные, плиты, водонагреватели, холодильники, чайники и т.п);
- Станки и ручной электрический инструмент, насосы и компрессоры.

Таблица 11 – Распределение нагрузки объекта Пойлово по основным группам

Тип электроприемников	Общая мощность, кВт	Процентное отношение от общей мощности всех электроприемников объекта, %
Электрическое освещение	3589	4,06
Электрические обогреватели	44500	50,33
Бытовые электроприборы (кухонные, плиты, водонагреватели, холодильники, чайники и т.п)	38250	43,26
Станки и ручной электрический инструмент, насосы и компрессоры.	1830	2,07
Итого	88413	100%



Рисунок 6 – Распределение нагрузки объекта Пойлово по группам

Таблица 12 – Распределение нагрузки объекта Визит-центр по группам

Тип электроприемников	Общая мощность, кВт	Процентное отношение от общей мощности всех электроприемников объекта, %
Электрическое освещение	2931	4,56
Электрические обогреватели	30750	47,84
Бытовые электроприборы (кухонные, плиты, водонагреватели, холодильники, чайники и т.п)	26350	40,99
Станки и ручной электрический инструмент, насосы и компрессоры.	4250	6,61
Итого	64281	100%



Рисунок 7 – Распределение нагрузки объекта Визит-центр по группам

Таблица 13 – Распределение нагрузки объекта Таловка по группам

Тип электроприемников	Общая мощность, кВт	Процентное отношение от общей мощности всех электроприемников объекта, %
Электрическое освещение	2288	8,79
Электрические обогреватели	6000	23,04
Бытовые электроприборы (кухонные, плиты, водонагреватели, холодильники, чайники и т.п.)	13400	51,46
Станки и ручной электрический инструмент, насосы и компрессоры.	4750	18,24
Итого	26038	100%



Рисунок 8 – Распределение нагрузки объекта Таловка по группам

На основании выше описанного можно сделать следующие выводы:

Основными проблемами в энергетической сфере объектов инфраструктуры Парка, являются большое потребление электрической энергии и соответственно затраты на ее приобретение.

Объект Визит-центр из дальнейшего рассмотрения исключается. Применение НВИЭ на объекте нецелесообразно. Данный объект имеет большую нагрузку, что приведет к значительной стоимости НВИЭ. Так же ввиду его незначительной удаленности от одной ПС 35 кВ и двух ПС 6 и 10 кВ (расстояние от 500 до 100 м), а так же близкого расстояния от поселка Черемушки и основных дорог, объект с небольшими затратами может быть переведен на один из данных источников питания.

На объектах Таловка и Пойлово основная установленная мощность приходится на электрический обогрев зданий и бытовые электроприборы. Оба объекта удалены от ПС, ВЛ, дорог и инфраструктуры, и имеют лишь одну питающую линию 6 кВ и 35 кВ соответственно. В связи с этим данные объекты относятся к объектам III категории. Срок на который может быть прекращено энергоснабжение потребителей III категории надежности - не более 24 часов подряд и не более 72 часов за год суммарно [11].

Отсюда вытекают следующие задачи данной работы:

- обоснование перспективного использования НВИЭ для электроснабжения отдаленных и экологически чистых регионов, в части рассматриваемых объектов;

- подготовка предложений по внедрению и расчет НВИЭ;

- обоснование экономической целесообразности применения НВИЭ.

3 Расчет и сравнительный анализ систем электроснабжения

3.1 Расчет электрических нагрузок

Электрическая нагрузка объектов представляют собой в основном однофазную нагрузку. Мощность каждого электроприемника незначительная (обычно не более 2 кВт), в связи с этим в электрической сети при правильной группировке приборов можно достичь достаточно равномерной нагрузки по фазам (с не симметрией не более 5—10%) [12].

Характер нагрузки равномерный, без толчков, но ее значение изменяется в зависимости от времени суток, времени года и некоторых других причин связанных с характером работы объекта. Частота тока общепромышленная, равная 50 Гц. Напряжение сети 380 и 220 В. Объекты относятся к объектам III категории по надежности электроснабжения.

Электроприемники по режиму работы подразделяются на три основных режима: продолжительный режим, кратковременный режим и повторно кратковременный режим. Все электроприемники работают в продолжительном режиме или кратковременном режиме. В отношении мер безопасности все электроустановки работают с глухозаземленной нейтралью [11].

Перечень оборудования каждого объекта дан в таблице 4 и 7. Для расчета принимаем общую активную мощность для одного типа электроприемника.

Мощность ($P_{уст}$) указана для одного электроприемника. Параметры $\cos\phi$, $K_{и}$ определены в соответствии с таблицами [13, 14].

Расчет электрической нагрузки на будем производить для каждого помещения и для каждого типа электроприемника в отдельности. По исходным данным определяется номинальная активная мощность приемника электроэнергии.

Для установок, работающих в длительном режиме, так как ПВ=100% для всех электроприемников [15, 16]:

$$P_{усті} = P_{номі} \cdot n_{эпі}, \text{ кВт}, \quad (3.1)$$

где $n_{эпі}$ – количество электроприемников одного типа (для каждого здания объекта), шт;

$P_{номі}$ – мощность электроприемника из таблиц 4 и 7 (для каждого здания объекта), кВт.

Расчетная мощность электроприемника, определяется по формуле (3.2), кВт:

$$P_{рі} = P_{ріуст} \cdot K_{иі} \cdot K_{сі} \text{ кВт}, \quad (3.2)$$

где $K_{иі}$ – коэффициент использования электроприемника (группы

электроприемников) [17];

K_{ci} – коэффициент спроса группы электроприемников (электроприемника). Оба коэффициента определяется на основе таблиц [18, 19], для каждого электроприемника (группы электроприемников).

Реактивная мощность, определяется по формуле (3.3), квар:

$$Q_{pi} = P_{pi} \cdot \operatorname{tg}(\arccos(\varphi_i)); \quad (3.3)$$

Полная мощность находится из выражения (3.4), кВА:

$$S_{pi} = \sqrt{P_{pi}^2 + Q_{pi}^2} \text{ кВА}. \quad (3.4)$$

Расчетный ток электроприемника, определяется по формуле (3.5), А:

$$I_{pi} = \frac{S_{pi} \cdot 10^3}{U_{ном}}, \quad (3.5)$$

где $U_{ном}$ –напряжение электроприемника (группы электроприемников) равное 220 В, так как вся нагрузка однофазная.

Пример. Расчет номинальной мощности, активной и реактивной мощностей электроприемника объекта «Таловка» (Светильники с энергосберегающей лампой Е27, из таблицы 4).

По формулам (3.1) – (3.5) определяем:

$$P_{уст1} = P_{ном1} \cdot n_{эпл} = 20 \cdot 5 = 0,1 \text{ кВт};$$

$$P_{p1} = P_{plyст} \cdot K_{и1} \cdot K_{с1} = 0,1 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 0,064 \text{ кВт};$$

$$Q_{p1} = 0,064 \cdot \operatorname{tg}(\arccos(0,95)) = 0,021 \text{ квар};$$

$$S_{p1} = \sqrt{0,064^2 + 0,021^2} = 0,067 \text{ кВА};$$

$$I_{p1} = \frac{S_{p1} \cdot 10^3}{U_{ном}} = \frac{0,067 \cdot 10^3}{220} = 0,306 \text{ А}.$$

Для остальных электроприемников расчеты аналогичны и представлены в таблице 14 для объекта «Таловка» и в таблице 15 для объекта «Пойлово».

Таблица 14 – Расчет нагрузки объекта Таловка

Характеристики электроприемников					Расчетные коэфф.		Коэф. Мощ.		Расчетная мощность			Расчет. ток	Фаза
Место установки электроприемника	Электроприемник	Кол-во, шт.	Номинальная мощность одного ЭП Рном, Вт	Общ. мощ. групп Руст, Вт	Коэфф. спроса Кс	Коэф. исп. Ки	cosφ	tg φ	Рр, кВт	Qр квар	Sp кВА	Расчетный ток I, А	Распределение по фазам
Дом персонала и мастерская	Светильники с энергосберегающей лампой E27	5	20	100	0,8	0,8	0,950	0,329	0,064	0,021	0,067	0,306	А
	Светильник люминесцентный 2 лампы	4	84	336	0,8	0,8	0,950	0,329	0,215	0,071	0,226	1,029	В
	Чайник	1	1200	1200	1	0,6	1,000	0,000	0,720	0,000	0,720	3,273	А
	Плита 2х конфорочная	1	3000	3000	0,5	0,4	1,000	0,000	0,600	0,000	0,600	2,727	В
	ЖК телевизор	1	150	150	0,7	0,2	0,900	0,484	0,021	0,010	0,023	0,106	С
	Микроволновая печь	1	1500	1500	1	0,4	0,850	0,620	0,600	0,372	0,706	3,209	В
	Холодильник	1	200	200	1	0,8	0,650	1,169	0,160	0,187	0,246	1,119	А
	Сверлильный станок	1	1000	1000	1	0,2	0,650	1,169	0,200	0,234	0,308	1,399	С
	Ручной электроинструмент (общая)	1	2000	2000	1	0,2	0,650	1,169	0,400	0,468	0,615	2,797	А
	Шлифовальный станок	1	1500	1500	1	0,2	0,650	1,169	0,300	0,351	0,462	2,098	С
	Магнитофон	1	300	300	0,5	0,2	0,900	0,484	0,030	0,015	0,033	0,152	В
Итого Дом персонала и мастерская				11286					3,310	1,728	3,734		

Продолжение таблицы 14

Место установки электроприемника	Электроприемник	Кол-во, шт.	Номинальная мощность одного ЭП Рном, Вт	Общ. мощ. групп Руст, Вт	Козфф. спроса Кс	Козф исп. Ки	cosφ	tg φ	Рр, кВт	Qp квар	Sp кВА	Расчетный ток I, А	Распределение по фазам
Административные здание (Таловка)	LED прожектор	2	30	60	0,8	0,8	0,950	0,329	0,038	0,013	0,040	0,184	С
	Система видеонаблюдения	1	500	500	1	1	0,900	0,484	0,500	0,242	0,556	2,525	С
	Конвектор электрический Теплофон ТМ-220 1500	2	2000	4000	0,5	0,7	1,000	0,000	1,400	0,000	1,400	6,364	А, В
	светильник потолочный внутренний	9	40	360	0,8	0,8	1,000	0,000	0,230	0,000	0,230	1,047	С
	Светильник с ЛН E27	2	20	40	0,8	0,8	0,950	0,329	0,026	0,008	0,027	0,122	С
	Офисная техника (компьютер, монитор т.д.)	1	500	500	0,8	0,4	0,900	0,484	0,160	0,077	0,178	0,808	С
Итого Административные здание (Таловка)				5460					2,354	0,341	2,379		

Продолжение таблицы 14

Место установки электроприемника	Электроприемник	Кол-во, шт.	Номинальная мощность одного ЭП Рном, Вт	Общ. мощ. групп Руст, Вт	Коэфф. спроса Кс	Коэф исп. Ки	cos φ	tg φ	Рр, кВт	Qр квар	Sp кВА	Расчетный ток I, А	Распределение по фазам
Баня (Таловка)	Светильник уличный (лампа ДРЛ)	1	250	250	0,8	0,8	0,950	0,329	0,160	0,053	0,168	0,766	В
	Водонагреватель(проточный)	1	2000	2000	1	0,2	1,000	0,000	0,400	0,000	0,400	1,818	В
	Чайник	1	1200	1200	1	0,6	1,000	0,000	0,720	0,000	0,720	3,273	С
	Конвектор электрический переносной	1	2000	2000	0,5	0,7	1,000	0,000	0,700	0,000	0,700	3,182	А
	Светильник лампаЕ27	7	20	140	0,8	0,8	0,950	0,329	0,090	0,029	0,094	0,429	В
	Трансформатор 220/36	1	250	250	0,8	0,8	0,700	1,020	0,160	0,163	0,229	1,039	В
	Насос	1	250	250	1	0,5	0,850	0,620	0,125	0,077	0,147	0,668	В
Итого Баня (Таловка)				6090					2,355	0,323	2,377		

Окончание таблицы 14

Место установки электроприемника	Электроприемник	Кол-во, шт.	Номинальная мощность одного ЭП $P_{ном}$, Вт	Общ. мощ. групп $P_{уст}$, Вт	Коэфф. спроса K_c	Коэф. исп. $K_{и}$	$\cos\varphi$	$\tg\varphi$	P_p , кВт	Q_p квар	S_p кВА	Расчетный ток I , А	Распределение по фазам
Дома для отдыхающих с инфраструктурой	LED прожектор	5	30	150	0,8	0,8	0,950	0,329	0,096	0,032	0,101	0,459	А
	Светильники с энергосберегающей лампой E27	10	20	200	0,8	0,8	0,950	0,329	0,128	0,042	0,135	0,612	А
	Водонагреватель (проточный)	1	1000	1000	1	0,2	1,000	0,000	0,200	0,000	0,200	0,909	В
	Холодильник	2	200	400	1	0,8	0,650	1,169	0,320	0,374	0,492	2,238	С
	Чайник	1	1200	1200	1	0,6	1,000	0,000	0,720	0,000	0,720	3,273	В
	Светильник люминесцентный 1 лампа	6	42	252	0,8	0,8	0,950	0,329	0,161	0,053	0,170	0,772	С
Итого Дома для отдыхающих с инфраструктурой				3202					1,625	0,501	1,701		
Итого Таловка				26,04					9,644	2,892	10,069		

По результатам расчетов установочная активная мощность всех электроприемников составила 26,04 кВт. Полная мощность потребляемая объектом «Таловка» с учетом коэффициента использования и спроса составила 10,069 кВА.

Таблица 15 – Расчет нагрузки объекта «Пойлово»

Характеристики электроприемников					Расчетные коэффициенты		Кэфф.. Мощ.		Расчетная мощность			Расч. ток	Фаза
Место установки электроприемника	Электроприемник	Кол-во, шт..	Номинальная мощность одного ЭП Рном, Вт	Общ. мощн .гр.Р уст, Вт	Кэфф. спроса Кс	Кэфф.ис пользования Ки	cosφ	tg φ	Pp, кВт	Qp квар	Sp кВА	Расче. ток I, А	Распределение по фазам
Территория визит центра, причал, освещение хоз.построек	Уличный светильник (Е40)	3	85	255	0,8	0,8	0,950	0,329	0,163	0,054	0,172	0,781	А
	Светильник уличный (лампа ДРЛ)	2	250	500	0,8	0,8	0,600	1,333	0,320	0,427	0,533	2,424	В
	Прожектор	1	500	500	0,8	0,8	0,600	1,333	0,320	0,427	0,533	2,424	А
	Уличное освещение (лампа ДРЛ)	2	250	500	0,8	0,8	0,600	1,333	0,320	0,427	0,533	2,424	В
	Уличное освещение (2	30	60	0,8	0,8	0,950	0,329	0,038	0,013	0,040	0,184	С
	Уличное освещение (светодиодный светильник)	1	50	50	0,8	0,8	0,950	0,329	0,032	0,011	0,034	0,153	А
	Светильники Е27	10	20	200	0,8	0,8	0,950	0,329	0,128	0,042	0,135	0,612	В
	Освещение уличное ЛБ 40 Вт	2	92	184	0,8	0,8	0,700	1,020	0,118	0,120	0,168	0,765	С
	Насос	1	250	250	1	0,5	0,850	0,620	0,125	0,077	0,147	0,668	
Итого по территории визит-центра				2499					1,564	0,077	1,566		

Продолжение таблицы 15

Место установки электроприемника	Электроприемник	Кол-во, шт.	Номинальная мощность одного ЭП Рном, Вт	Общ. мощн.г р.Руст, Вт	Коэфф.с проса Кс	Коэфф.ис п. Ки	cosφ	tg φ	Pp, кВт	Qp квар	Sp кВА	Расче. ток I, А	Распределение по фазам
Дом отдыхающих (VIP приют)	Светильники с энергосберегающей лампой E27	36	20	720	0,8	0,8	0,950	0,329	0,461	0,151	0,485	2,205	А
	Светильники с энергосберегающей лампой E27	12	20	240	0,8	0,8	0,950	0,329	0,154	0,050	0,162	0,735	С
	Конвектор электрический Thermor EVIDENCE 2 ELEC 2000	8	2000	16000	0,5	0,7	1,000	0,000	5,600	0,000	5,600	25,455	А, В, С
	Конвектор электрический Thermor EVIDENCE 2 ELEC 1500	6	1500	9000	0,5	0,7	1,000	0,000	3,150	0,000	3,150	14,318	А, В, С
	Конвектор электрический Thermor EVIDENCE 2 ELEC 1000	1	1000	1000	0,5	0,7	1,000	0,000	0,350	0,000	0,350	1,591	С
	Конвектор электрический Thermor EVIDENCE 2 ELEC 750	2	750	1500	0,5	0,7	1,000	0,000	0,525	0,000	0,525	2,386	В

Продолжение таблицы 15

Место установки электроприемника	Электроприемник	Кол-во, шт	Номинальная мощность одного ЭП Рном, Вт	Общ. мощн.гр.Р уст, Вт	Коэфф.спроса Кс	Коэфф.исп. Ки	cosφ	tg φ	Рр, кВт	Qр квар	Sp кВА	Расч. ток I, А	Распределение по фазам
	Насос водяной	1	780	780	1	0,5	0,850	0,620	0,390	0,242	0,459	2,086	А
	Бойлер электрический	2	3000	6000	0,8	0,2	1,000	0,000	0,960	0,000	0,960	4,364	А
	Холодильник	1	200	200	1	0,8	0,650	1,169	0,160	0,187	0,246	1,119	С
	Плита 4х конфорочная	1	5500	5500	0,25	0,4	1,000	0,000	0,550	0,000	0,550	2,500	В
	Чайник	1	1200	1200	1	0,6	1,000	0,000	0,720	0,000	0,720	3,273	С
	ЖК телевизор	1	150	150	0,7	0,2	0,900	0,484	0,021	0,010	0,023	0,106	В
	СВЧ печь	1	2500	2500	1	0,4	0,850	0,620	1,000	0,620	1,176	5,348	В
	Вытяжка	1	150	150	1	0,4	0,650	1,169	0,060	0,070	0,092	0,420	С
	Тепловая завеса	1	2000	2000	0,5	0,7	0,950	0,329	0,700	0,230	0,737	3,349	С
	ТВ приставка и DVD плеер	1	200	200	0,7	0,2	0,900	0,484	0,028	0,014	0,031	0,141	А
Итого Дом отдыхающих (улучшенный приют)				47140					14,828	1,574	14,912		

Продолжение таблицы 15

Место установки электроприемника	Электроприемник	Кол-во, шт	Номинальная мощность одного ЭП Рном, Вт	Общ. мощн.гр.Р уст, Вт	Коэфф.спроса Кс	Коэфф.исп. Ки	cosφ	tg φ	Pp, кВт	Qp квар	Sp кВА	Расчет. ток I, А	Распределение по фазам
Баня	Светильники с энергосберегающей лампой E27	5	20	100	0,8	0,8	0,950	0,329	0,064	0,021	0,067	0,306	А
	Магнитофон	1	500	500	0,8	0,2	0,900	0,484	0,080	0,039	0,089	0,404	В
	Чайник	1	1200	1200	1	0,6	1,000	0,000	0,720	0,000	0,720	3,273	С
	Конвектор электрический	1	2000	2000	0,5	0,7	1,000	0,000	0,700	0,000	0,700	3,182	В
	Трансформатор 220/36	1	250	250	0,8	0,8	0,700	1,020	0,160	0,163	0,229	1,039	А
Итого Баня				4050					1,724	0,223	1,738		
Туалет	Конвектор электрический Thermor EVIDENCE 2 ELEC 1500	2	1500	3000	0,5	0,7	1,000	0,000	1,050	0,000	1,050	4,773	А, В
	Светильники с энергосберегающей лампой E27	3	20	60	0,8	0,8	0,950	0,329	0,038	0,013	0,040	0,184	С
Итого Туалет				3060					1,088	0,013	1,088		

Продолжение таблицы 15

Место установки электроприемника	Электроприемник	Кол-во, шт	Номинальная мощность одного ЭП $P_{ном}$, Вт	Общ. мощн. гр. Р уст, Вт	Коэфф. спроса K_c	Коэфф. исп. $K_{и}$	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	P_p , кВт	Q_p квар	S_p кВА	Расч. ток I , А	Распределение по фазам
Дом отдыхающих (двухэтажный приют)	Светильники с энергосберегающей лампой E27	8	20	160	0,8	0,8	0,950	0,329	0,102	0,034	0,108	0,490	А
	Конвектор электрический	3	2000	6000	0,5	0,7	1,000	0,000	2,100	0,000	2,100	9,545	А, В, С
	Холодильник	1	200	200	1	0,8	0,650	1,169	0,160	0,187	0,246	1,119	В
	Плита 2х конфорочная	1	3500	3500	0,5	0,4	1,000	0,000	0,700	0,000	0,700	3,182	А
	Чайник	1	1200	1200	1	0,6	1,000	0,000	0,720	0,000	0,720	3,273	С
	ЖК телевизор	1	150	150	0,7	0,2	0,900	0,484	0,021	0,010	0,023	0,106	В
	ТВ приставка и DVD плеер	1	200	200	0,7	0,2	0,900	0,484	0,028	0,014	0,031	0,141	В
Итого Дом отдыхающих (двухэтажный приют)				11410					3,831	0,244	3,839		
Дом отдыхающих (одноэтажный приют)	Светильники с энергосберегающей лампой E27	3	20	60	0,8	0,8	0,950	0,329	0,038	0,013	0,040	0,184	С
	Плита 2х конфорочная	1	3500	3500	0,5	0,4	1,000	0,000	0,700	0,000	0,700	3,182	А
	Конвектор электрический	3	2000	6000	0,5	0,7	1,000	0,000	2,100	0,000	2,100	9,545	А, В, С
	Пылесос	1	1800	1800	1	0,4	0,650	1,169	0,720	0,842	1,108	5,035	В
Итого Дом отдыхающих (одноэтажный приют)				11360					3,558	0,854	3,660		

Окончание таблицы 15

Место установки электроприемника	Электроприемник	К Кол-во, шт	Ном. мощность одного ЭП Рном, Вт	Общ. мощн.гр.Р уст, Вт	Коэфф.сп роса Кс	Коэфф.ис п. Ки	cosφ	tg φ	Pp, кВт	Qp квар	Sp кВА	Расче. ток I, А	Распре делени е по фазам
Домики служебные для персонала и хоз. постройки	Светильники E27	8	20	160	0,8	0,8	0,950	0,329	0,102	0,034	0,108	0,490	А
	ЖК телевизор	1	150	150	0,7	0,2	0,900	0,484	0,021	0,010	0,023	0,106	В
	ТВ приставка и DVD плеер	1	200	200	0,7	0,2	0,900	0,484	0,028	0,014	0,031	0,141	В
	Система виднабл.	1	500	500	1	1	0,900	0,484	0,500	0,242	0,556	2,525	С
	Холодильник	1	200	200	1	0,8	0,650	1,169	0,160	0,187	0,246	1,119	С
	Морозильная камера	1	100	100	1	0,8	0,650	1,169	0,080	0,094	0,123	0,559	А
	Чайник	1	1200	1200	1	0,6	1,000	0,000	0,720	0,000	0,720	3,273	А
	СВЧ печь	1	2000	2000	1	0,4	0,850	0,620	0,800	0,496	0,941	4,278	С
	Плита 2х конфорочная	1	3500	3500	0,5	0,4	1,000	0,000	0,700	0,000	0,700	3,182	В
	Светильник люминесцентный 2 лампы	1	84	84	0,8	0,8	0,700	1,020	0,054	0,055	0,077	0,349	В
	Станок точильный	1	500	500	1	0,2	0,650	1,169	0,100	0,117	0,154	0,699	С
	Станок заточной	1	300	300	1	0,2	0,650	1,169	0,060	0,070	0,092	0,420	А
Итого Служебные и хоз. постройки				8894					3,325	1,318	3,577		
Итого Пойлово				88413					29,920	4,304	30,228		

По результатам расчетов установочная активная мощность всех электроприемников составила 88,41 кВт. Полная мощность потребляемая объектом «Пойлово» с учетом коэффициента использования и спроса составила 30,228 кВА.

3.2 Расчет солнечной электростанции

3.2.1 Расчет режима работ солнечной электростанции

Как описывалось выше солнечная электростанция – получает энергию от солнца и соответственно перед выбором количества и вида солнечных батарей необходимо рассчитать режим работы фотоэлектрических модулей (ФЭМ): круглогодичный или сезонный.

Для этого нам потребуются значения солнечной инсоляции (радиации) [4].

В таблице 17 указаны удельные месячные и суммарные годовые значения солнечной радиации ($E_{уд}$) для места где будут установлены СЭС.

Расчет на данном этапе делаем общим для всех объектов, так как они находиться в радиусе 5 километров между собой. Различия, имеются лишь в окружающем ландшафте.

Таблица 17 – Значения удельной солнечной радиации

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
$E_{уд},$ кВт·ч/ (м ² ·день)	1,17	2,19	3,54	4,49	5,17	5,54	5,42	4,74	3,36	2,16	1,28	0,85

Как видно из таблицы 17 оптимальное использование СЭС придётся на период с Марта по Сентябрь, минимальные значения выработанной энергии СЭС будут с Октября по Февраль.

Продолжительность солнечного сияния составляет 1716-2100 часов и зависит так же от рельефа местности [9].

Далее рассчитаем месячные и суммарные годовые значения солнечной радиации по формуле (3.6) и занесем данные в таблицу 18.

$$E = E_{уд} \cdot n_{дм}, \text{ кВт·ч/м}^2 \quad (3.6)$$

где $n_{дм}$ – количество дней в заданном месяце.

Пример. Расчет солнечной радиации в Январе ($n_{дм} = 31$ день в Январе).

$$E = 1,17 \cdot 31 = 36,27 \text{ кВт·ч/м}^2. \text{ Остальные значения в таблице 18.}$$

Таблица 18 – Значения месячной и годовой солнечной радиации

Месяц	$E_{уд}, \text{кВт} \cdot \text{ч} / (\text{м}^2 \cdot \text{день})$	$n_{дм}, \text{дни}$	$E_{мес}, \text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$
Январь	1,17	31	36,27
Февраль	2,19	28	61,32
Март	3,54	31	109,74
Апрель	4,49	30	134,7
Май	5,17	31	160,27
Июнь	5,54	30	166,2
Июль	5,42	31	168,02
Август	4,74	31	146,94
Сентябрь	3,36	30	100,8
Октябрь	2,16	31	66,96
Ноябрь	1,28	30	38,4
Декабрь	0,85	31	26,35
Всего		365	1215,97

Критерий для определения рационального режима работы ФЭМ находится по формуле:

$$k_{рад} = E_{год} / E_{мес}, \quad (3.7)$$

где $E_{год}$ – средние годовые суммы суммарной радиации на горизонтальную поверхность, $\text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$;

$E_{мес}$ – среднемесячная сумма суммарной радиации на горизонтальную поверхность, минимальная в течение года, $\text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$.

Коэффициент $k_{рад}$ характеризует отношении солнечной радиации при наименее солнечном месяца к радиации за весь год, поэтому можно сказать, что если это отношение будет больше 50, то режим работы для ФЭМ необходимо выбрать сезонный, если меньше 50 – круглогодичный [4].

$$K_{рад} = 1215,97 / 26,35 = 46,15.$$

Так как значение $k_{рад}$ получилось менее 50, то использование ФЭМ применимо круглогодичное.

3.2.2 Выбор типа, количества и расположения ФЭМ СЭС

3.2.2.1 Выбор типа ФЭМ

Солнечные элементы бывают трех типов – монокристаллические, поликристаллические и аморфные или микроморфные. Различия данных

элементов по материалу изготовления, форме, эффективности преобразования энергии.

В монокристаллических ячейках при создании используются однородные по структуре кристаллы кремния.

У второго же типа ячеек применяются кристаллы кремния с разной структурой.

Третьи не имеют каркаса, и сделаны они в виде пленки, которая наклеивается на поверхность. Следует отметить, что такие модули являются самыми дешевыми из-за меньшего расхода кремния.

Структура кристаллов влияет на общую эффективность преобразования энергии.

У монокристаллических она выше, поэтому модуль с такими ячейками способен обеспечить выработку энергии по количеству одинаковую с поликристаллическим модулем, но при значительно меньших размерах самой панели. Но и стоимость монокристаллических панелей выше.

В виду низкой инсоляции с Октября по Февраль согласно, таблицы 17, остановимся на выборе монокристаллических ФЭМ.

3.2.2.2 Выбор количества ФЭМ

Расчет мощности солнечных батарей необходим для правильного их выбора и обеспечения необходимым количеством электроэнергии СЭС.

Расчёт площади солнечной батареи, м²:

$$S_{\text{СЭС}} = P_{\text{нагр}} / P_{\text{ФЭМ}}, \quad (3.8)$$

где $P_{\text{нагр}}$ – рассчитываемая общая нагрузка кВт из таблицы 14 и 15 для каждого объекта.

Далее в расчетах введем индекс 1 для объекта «Пойлово», для объекта «Таловка» соответственно 2.

Увеличим мощность каждого объекта $P_{\text{расч.нагр}}$ из таблицы 14 и 15 на 20% в связи с неизбежными потерями в проводах, солнечном контроллере и инверторе, а так же с возможным увеличением нагрузки и постепенным незначительным снижением эффективности ФЭМ при эксплуатации.

Тогда:

$$P_{\text{нагр1}} = P_{\text{расч.нагр1}} \cdot 1,2 = 29920 \cdot 1,2 = 35904 \text{ Вт};$$

$$P_{\text{нагр2}} = P_{\text{расч.нагр2}} \cdot 1,2 = 9644 \cdot 1,2 = 11573 \text{ Вт};$$

$P_{\text{ФЭМ ср}}$ – рассчитываемая средняя мощность ФЭМ, Вт/м²;

$$P_{\text{ФЭМ ср}} = P_{\text{ФЭМ}} \cdot \eta, \quad (3.9)$$

где $P_{\text{ФЭМ}}$ – Максимальная удельная мощность, отдаваемая ФЭМ, Вт/м², согласно [20], при номинальном условии освещения, $P_{\text{ФЭМ}} = 1000 \text{ Вт/м}^2$;

η – коэффициент полезного действия (КПД) монокристаллических ФЭМ, в среднем составляет значение от 15 до 22%. [7]. Принимаем среднее значение 17 %.

$$P_{\text{ФЭМ ср}} = 1000 \cdot 0,17 = 170 \text{ Вт.}$$

Выбираем близкую по мощности к установке ФЭМ [21] Российской компании SOLBAT (г. Краснодар) со следующими характеристиками из таблицы 19.

Таблица 19 – ФЭС Российской компании SOLBAT (г. Краснодар) [21]

Модель	Размер, мм	Un, В	Uxx, В	Iкз, А	Up, В	Ip, А	P _{ФЭМ} , Вт	Вес, кг
МСК-15	285*425*28	12	22,1	0,92	18	0,83	15	1,9
МСК-20	425*425*28	12	22,1	1,30	18	1,22	20	2,7
МСК-30	425*555*28	12	22,1	1,80	18	1,67	30	3,4
МСК-50	545*668*28	12	22,1	2,75	18	2,50	45	4,0
МСК-60	550*810*28	12	22,1	3,55	18	3,33	60	5,5
МСК-100	540*1200*35	12	22,1	5,58	18	5,27	95	8,0
ФСМ-150	667*1467*35	12	22,1	8,58	18	8,33	150	12
МСК-150	674*1482*35	12	22,1	8,58	18	8,33	150	12
МСК-200	805*1575*40	24	44,2	5,98	36	5,56	200	17
МСК-250	991*1650*40	20	37,2	9,22	30	8,33	250	19,5

Принимаем к установке ФЭС типа МСК-200 (характеристики представлены) в таблице 18.

Тогда площадь СЭС составит:

$$S_{\text{СЭС1}} = P_{\text{нагр1}} / P_{\text{ФЭМ}} = 35904 / 170 = 179,5 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{СЭС2}} = P_{\text{нагр2}} / P_{\text{ФЭМ}} = 11573 / 170 = 68,1 \text{ м}^2.$$

Из таблицы 19 площадь одного ФЭМ составит:

$$S_{\text{ФЭС}} = 0,805 \cdot 1,575 = 1,268 \text{ м}^2.$$

Соответственно количество панелей СЭС, шт составит:

$$N_{\text{СЭС1}} = S_{\text{СЭС1}} / S_{\text{ФЭС}} = 179,5 / 1,268 = 141,56 \text{ шт.}$$

Округляем до четного ближайшего значения 144 шт;

Соответственно номинальная мощность всех ФЭМ СЭС составит, кВт:

$$P_{\text{СЭС1}} = N_{\text{СЭС1}} \cdot P_{\text{ФЭМ}} = 144 \cdot 200 = 28,4 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{СЭС2}} = S_{\text{СЭС2}} / S_{\text{ФЭС}} = 68,1 / 1,268 = 53,7 \text{ шт.}$$

Округляем до четного ближайшего значения 54 шт;

$$P_{\text{СЭС2}} = N_{\text{СЭС2}} \cdot P_{\text{ФЭМ}} = 54 \cdot 200 = 10,8 \text{ кВт.}$$

Количество вырабатываемой электроэнергии солнечной батареей зависит от погодных условий и условий рельефа.

Взяв из таблицы 17 значение солнечной радиации за интересующий нас период и разделив его на 1000, получим так называемое количество пикочасов, т.е. условное время, в течение которого солнце светит как бы с интенсивностью 1000 Вт/м^2 .

СЭС мощностью $P_{\text{СЭС}}$ в течение выбранного периода выработает следующее количество энергии, кВт·ч:

$$W_i = k_i \cdot E_{\text{уд}} \cdot P_{\text{СЭС}} / 1000, \quad (3.9)$$

где E – значение инсоляции за выбранный период из таблицы 18;

k – коэффициент, равный 0,5 и 0,7 в летний и зимний периоды, соответственно. Он делает поправку на потерю мощности солнечных элементов при нагреве на солнце, а также учитывает наклонное падение лучей на поверхность модулей в течение дня. Разница в его значении зимой и летом обусловлена меньшим нагревом элементов в зимний период [21].

Пример:

Расчет в Январе месяце. $E_{\text{мес}} = 36,27 \text{ кВт·ч /м}^2$ в Январе для объекта 1 «Пойлово».

$$W_{\text{январь}} = k_{\text{январь}} \cdot E_{\text{уд январь}} \cdot P_{\text{ФЭМ}} / 1000 = 0,7 \cdot 1,17 \cdot 28,4 / 1 = 23,26 \text{ кВт·ч.}$$

Остальные значения указаны в таблице 20.

График данных по результатам таблицы 20 указан на рисунке 9.

Для дополнительной оценки ресурсов солнечной энергии воспользуемся так же программой онлайн-калькулятор [22], которая

определяет выработку электроэнергии ФЭМ, в зависимости от солнечной радиации на выбранной территории.

На рисунке 10 и 11 отображен график выработки электроэнергии солнечными батареями за год [22].

Таблица 20 – Выработка энергии СЭС в зависимости от месяца

Месяц	Еуд, кВт·ч / (м ² ·день)	СЭС 1 "Пойлово" кВт ч	СЭС 2 "Таловка" кВт ч
Январь	1,17	23,2596	8,8452
Февраль	2,19	43,5372	16,5564
Март	3,54	70,3752	26,7624
Апрель	4,49	76,5096	29,0952
Май	5,17	73,414	27,918
Июнь	5,54	78,668	29,916
Июль	5,42	76,964	29,268
Август	4,74	67,308	25,596
Сентябрь	3,36	57,2544	21,7728
Октябрь	2,16	42,9408	16,3296
Ноябрь	1,28	25,4464	9,6768
Декабрь	0,85	16,898	6,426

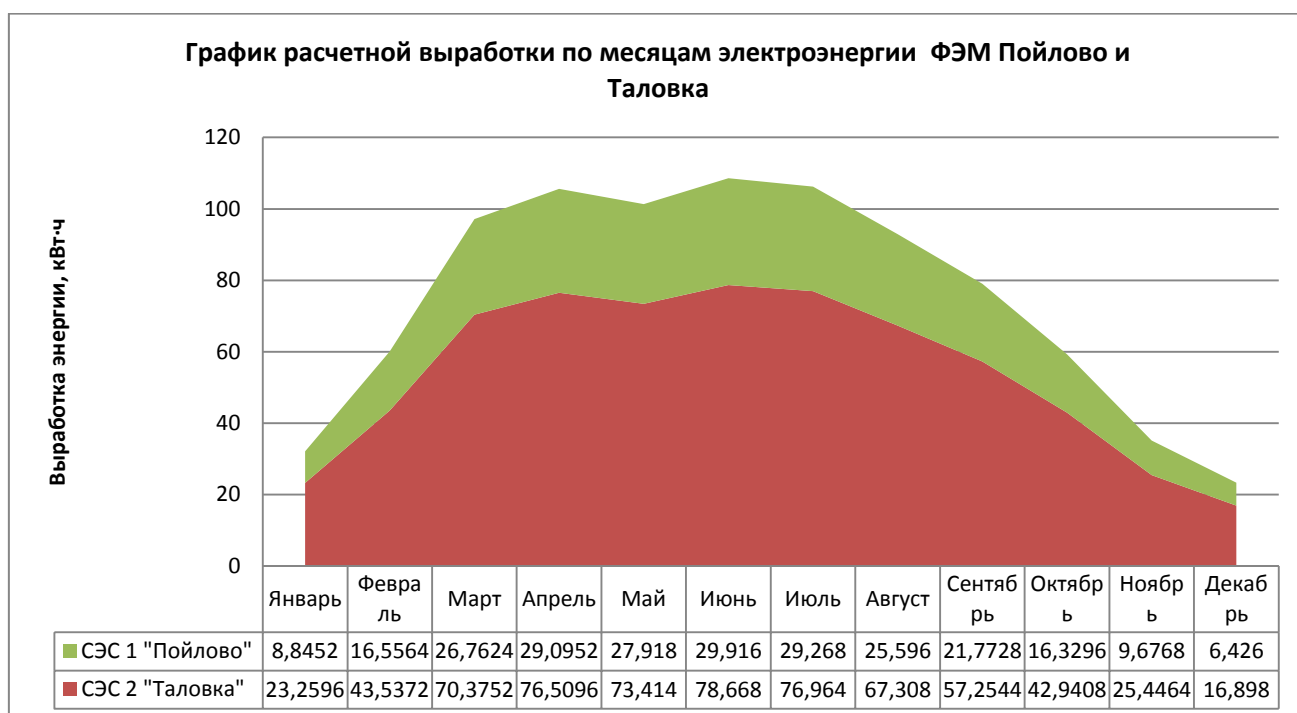


Рисунок 9 – График расчетной выработки по месяцам электроэнергии ФЭМ объектов Пойлово и Таловка



Рисунок 10 – График выработки по месяцам электроэнергии ФЭМ Пойлово

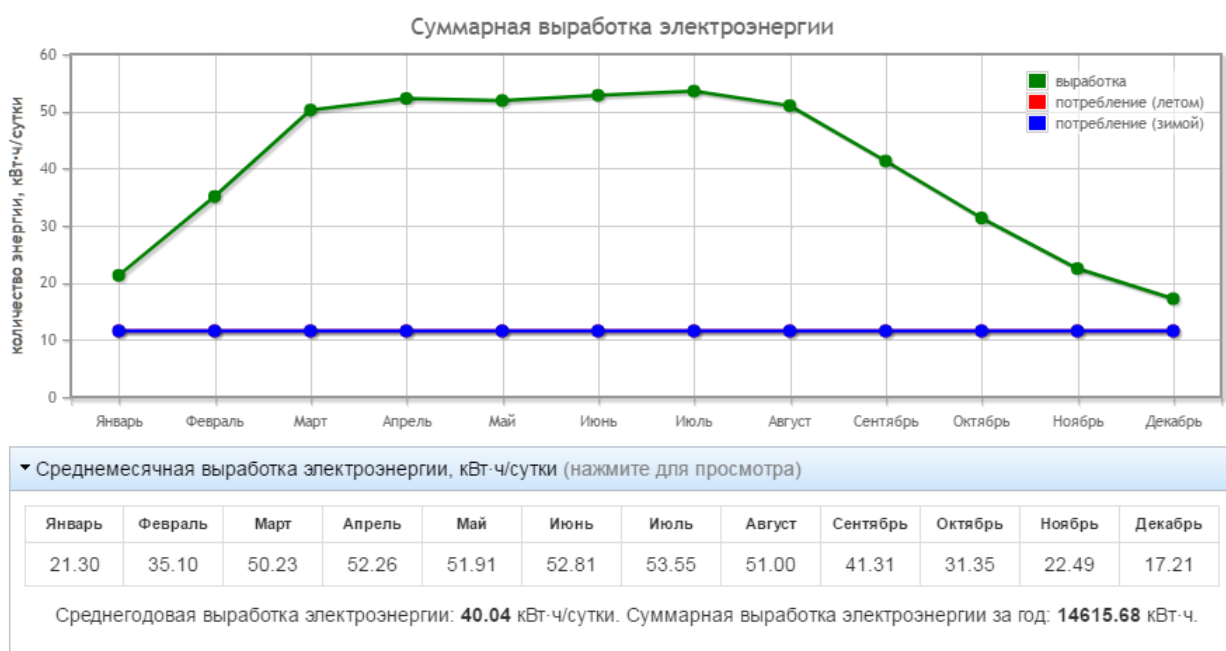


Рисунок 11 – График выработки по месяцам электроэнергии ФЭМ Таловка

Как видно из рисунка 9, а так же 10 и 11 минимальная выработка СЭС объекта «Пойлово» придется на зимние месяцы Декабря и Января, а так же в ноябре. Данная выработка не покроит потребности выбранных объектов. В связи с этим и для нормальной работы объектов дополнительно решено, поставить Ветрогенератор работающий параллельно с СЭС. ВЭУ позволит так

же питать потребителей в случае затяжных пасмурных дней, обильного снегопада и тумана. Расчет ВЭУ представлен в другом разделе данной работы.

Избыточную энергию, вырабатываемую в летне-весенний период можно продавать, при условии установки дополнительного оборудования, в том, числе АСКУЭ, согласно плана мероприятий Российской Федерации по стимулированию развития микрогенерации ВИЭ, установленной у потребителей (включая физических лиц) [23].

3.2.2.3 Выбор расположения ФЭМ СЭС

Плотность потока энергии, падающей на ФЭМ, зависит не только от плотности потока самого солнечного излучения, но также и от угла между модулем и Солнцем – назовем его углом β . В случае, когда поглощающая поверхность и солнечное излучение перпендикулярны друг другу плотность потока излучения максимальна. При изменении угла β плотность потока излучения уменьшается. Составляющая излучения, параллельная наклонному модулю, отражается. Как описывалось выше территория национального парка расположена на 53° градусе северной широты.

Угол наклона имеет значительное влияние на солнечное излучение, падающее на поверхность. Если угол наклона неизменен, то максимальная производительность за весь год достигается тогда, когда он равен широте местоположения φ т. е. $\varphi = \beta = 53^\circ$. Более пологие углы наклона способствуют увеличению падающего излучения летом, тогда как более крутые — зимой. Так же более крутой угол $\beta = 70^\circ$ и больше в условиях обильного снегопада не позволит снегу оставаться на ФЭМ и снижать эффективность СЭС [4].

Так же на выбор угла положения влияет на выбор междурядий ФЭМ расстояние d на рисунке 12. Выбор расстояния d производится путем компромисса между сокращением междурядного затенения ФЭМ и экономии площади занимаемой СЭС. Так же это расстояние влияет на сокращение длины кабельных трасс для учета потерь в проводниках в допустимых пределах.

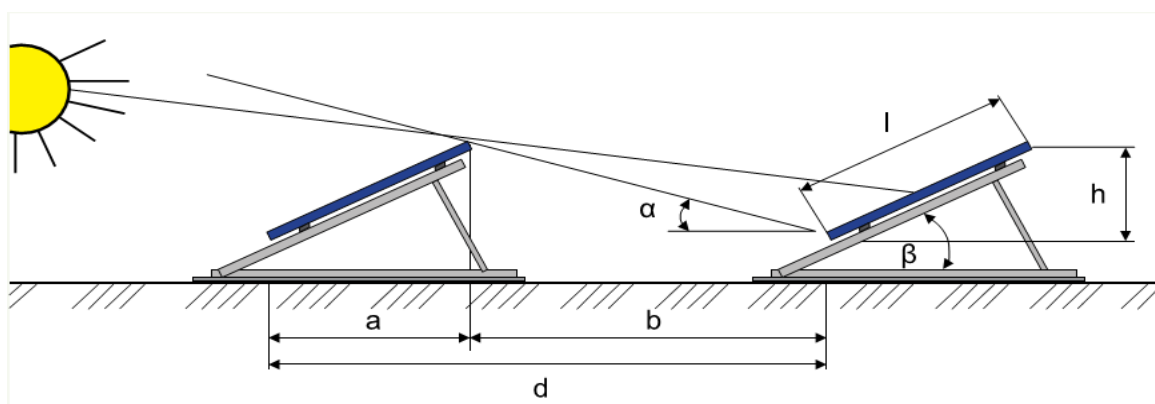


Рисунок 12 – Расположение ФЭМ СЭС

Если модуль обращен к Солнцу так, что солнечные лучи падают перпендикулярно его поверхности, то угол его наклона равен полярному углу Солнца, а углы склонения Солнца и модуля равны между собой ($\Psi = \Theta$), что показано на рисунке 13.

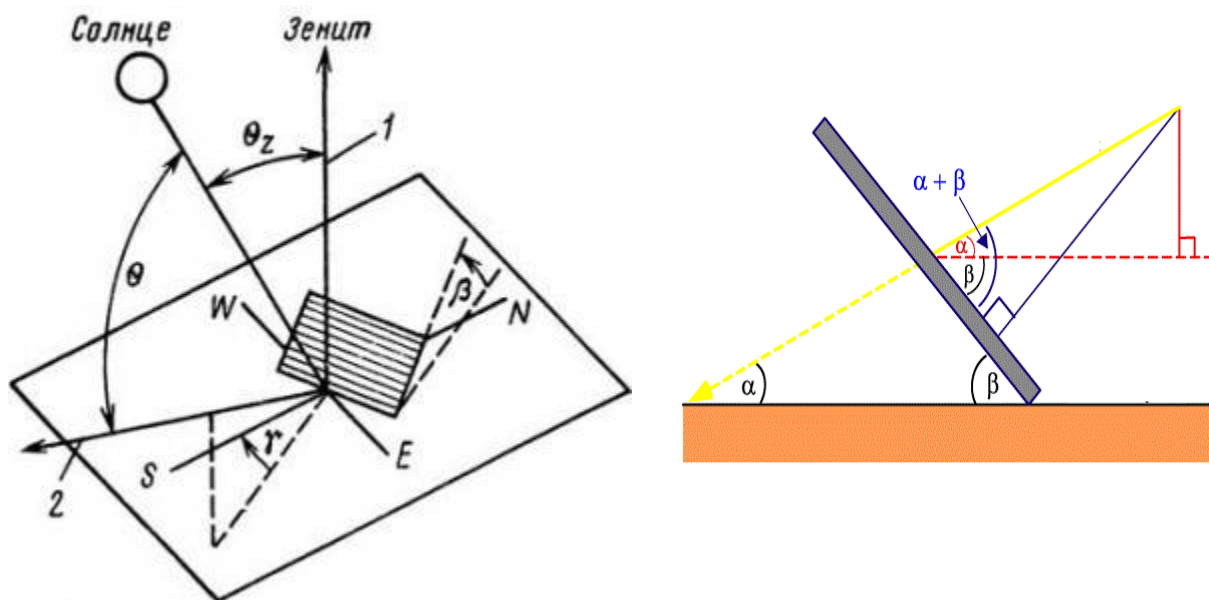


Рисунок 13 – Положение ФЭМ и солнца и основные углы

Соответственно угол наклона ФЭМ определяется по формуле (3.10) [24] в градусах:

$$\beta = 90 - \alpha, \quad (3.10)$$

где α — угол возвышения (угол высоты) — это высота Солнца на небе измеренная в градусах от горизонтального положения. На восходе угол возвышения равен 0° и 90° — когда Солнце находится выше всего на небе (прямо над головой, что можно наблюдать, например, на экваторе в дни весеннего и осеннего равноденствий) [24].

Из рисунка можно получить угол возвышения в солнечный полдень для северного полушария [24]:

$$\alpha = 90 - \varphi + \delta, \quad (3.11)$$

где φ — это широта местоположения. В нашем случае $\varphi = 53^\circ$ градуса северной широты.

Δ — склонение Солнца.

Склонение Солнца — это угол δ между экватором и воображаемой линией, соединяющей центры Земли и Солнца.

Склонение δ равно нулю в дни равноденствий (22 марта и 22 сентября), положительно, когда в северном полушарии лето и отрицательно, когда там зима. Максимум, равного 23.45° склонение достигает 22 июня (летнее солнцестояние в северном полушарии) и минимума, -23.45° , 22 декабря (зимнее солнцестояние в северном полушарии) [24].

Склонение можно посчитать по формуле (3.12), градус:

$$\delta = 23,45^\circ \cdot \sin\left(\frac{360}{365}(d - 81)\right), \quad (3.12)$$

где d — день года, для 1 января = 1, для 2 января = 2 и так далее.

Направление по сторонам света определяется зенитным углом. Зенитный угол аналогичен углу возвышения за тем исключением, что он отсчитывается не от горизонтальной оси, а от вертикальной. Направления солнечных батарей будет направлено на юг.

Рассчитаем угол наклона ФЭС и расстояние между рядами для СЭС объекта «Пойлово».

Расчет угла и расстояния между рядами произведем для четырех точек положения солнца — то есть в дни равноденствий (22 марта и 22 сентября), 22 июня и 22 декабря, соответственно для летнего и зимнего солнцестояния в северном полушарии.

Для примера рассчитаем углы согласно, формул 3.10 – 3.12:

$$\delta_{\text{март}} = 23,45^\circ \cdot \sin\left(\frac{360}{365}(81 - 81)\right) = 0^\circ;$$

$$\alpha_{\text{март}} = 90 - \varphi + \delta = 90^\circ - 53^\circ + 0^\circ = 37^\circ;$$

$$\beta_{\text{март}} = 90 - \alpha = 90 - 37^\circ = 53^\circ;$$

$$\delta_{\text{июнь}} = 23,45^\circ \cdot \sin\left(\frac{360}{365}(173 - 81)\right) = 23,44^\circ;$$

$$\alpha_{\text{июнь}} = 90 - \varphi + \delta = 90^\circ - 53^\circ + 23,44^\circ = 60,44^\circ;$$

$$\beta_{\text{июнь}} = 90 - \alpha = 90 - 60,44^\circ = 29,56^\circ;$$

$$\delta_{\text{сент}} = 23,45^\circ \cdot \sin\left(\frac{360}{365}(265 - 81)\right) = -0,6^\circ;$$

$$\alpha_{\text{сент}} = 90 - \varphi + \delta = 90^\circ - 53^\circ - 0,6^\circ = 36,4^\circ;$$

$$\beta_{\text{сент}} = 90 - \alpha = 90 - 36,4^\circ = 53,6^\circ;$$

$$\delta_{\text{дек}} = 23,45^\circ \cdot \sin\left(\frac{360}{365}(356 - 81)\right) = -23,44^\circ;$$

$$\alpha_{\text{сент}} = 90 - \varphi + \delta = 90^\circ - 53^\circ - 23,44^\circ = 13,56^\circ;$$

$$\beta_{\text{сент}} = 90 - \alpha = 90 - 13,56^\circ = 76,44^\circ;$$

Исходя из полученных данных принимаем угол наклона $\beta = 53^\circ$ для летнего и осенне-весеннего периода. Для зимнего периода угол наклона будет равен $\beta = 76^\circ$, что позволит избежать накопления снега на панелях, так как угол естественного откоса снега равен $30-40^\circ$ и при угле более 60 градусов на наклонной поверхности не задерживается.

В связи с выше перечисленным принимаем раму для установки панелей с двумя положениями из стального перфорированного уголка. Фундаментом для конструкции будет выступать винтовые сваи.

Выбор расстояния между рядами ФЭМ выбираем исходя из чертежа на рисунке 14. Согласно чертежа расстояния для ФЭМ типа МСК-200 составит: м
Общая площадь занимаемая СЭС м^2 .

Расчет угла наклона ФЭС и расстояние между рядами для СЭС объекта «Таловка» производить не будем ввиду, малого количества ФЭМ, а так же по причине малого свободного места территории. Данные элементы ФЭМ будут крепиться на крыше и южной стене зданий объекта.

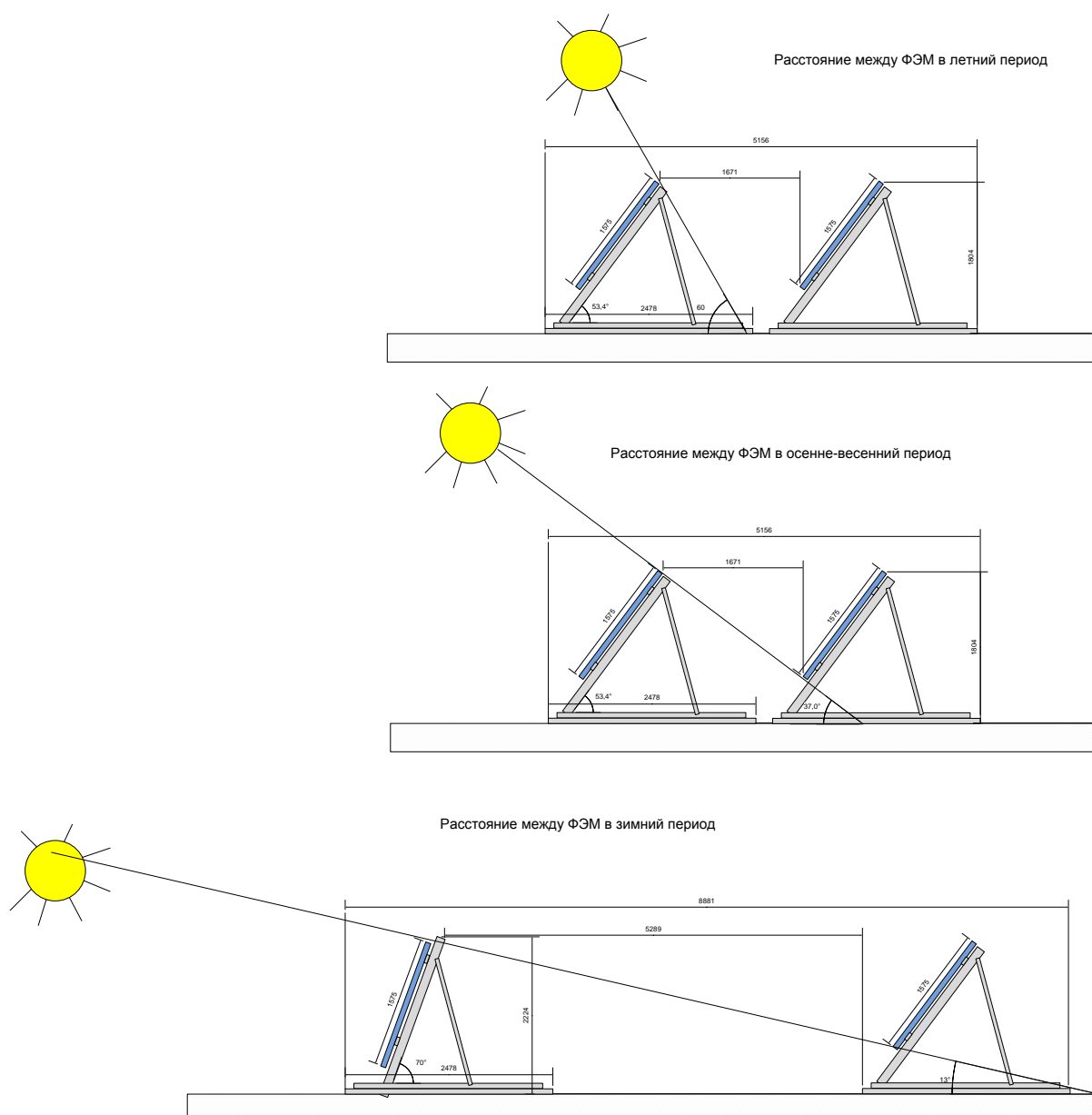


Рисунок 14 – Выбор основных размеров СЭС

3.2.3 Выбор типа и количества аккумуляторных батарей

В ночное время суток, а так же в случае затяжного снегопада, тумана и т.п. накопленная в аккумуляторной батарее автономной солнечной электростанции энергия потребляется нагрузкой.

Для выбора типа батареи приведём краткий анализ имеющихся сейчас на рынке аккумуляторных батарей, которые подойдут для СЭС:

1) Свинцовые аккумуляторные батареи.

Свинцовые аккумуляторные батареи (далее АКБ) – это три основных типа это АКБ технологии AGM, GEL и Flooded [25].

— GEL-технология Gelled Electrolite. К электролиту подмешивается SiO_2 , и электролит становится желеобразным. В этом желе имеется масса пор, которые заполнены электролитом. Именно такая консистенция электролита

позволяет работать GEL аккумулятору в любом положении. Аккумулятор такой технологии является необслуживаемым.

— AGM-технология Absorptive Glass Mat. Вместо загущенного до желе электролита в них применяется стекломат, который пропитывают электролитом. Поры стекломатов электролит заполняет не до конца. В оставшемся объеме происходит рекомбинация газов.

GEL и AGM АКБ типа не боятся глубокого разряда и выдерживают многократное повторение режимов «заряд-разряд». Единственный минус, при использовании подобных аккумуляторов, это их чувствительность к условиям зарядки, перезаряд может вызвать непоправимые последствия в работе АКБ.

— Flooded –аккумуляторы с жидким электролитом(заливные) по прежнему имеют широкое применение. Будучи снабжены рециркуляционными клапанами они переходят в класс малообслуживаемых АКБ. Такие клапана не допускают выделения газов, а проверять уровень электролита нужно лишь раз в год. Это снимает ограничения на размещение Flooded аккумуляторов внутри помещений. Аккумуляторы открытого вида более выносливы по сравнению с необслуживаемыми аккумуляторами, удельная стоимость Ач в них ниже и они лучше поддаются балансировке [25].

Каждый из вышеописанных типов аккумуляторов имеет подкласс панцирных аккумуляторов. Отличительной особенностью таких АКБ являются решетчатые пластины и электроды в виде трубок. Подобная технология существенно увеличивает число зарядно-разрядных циклов. Причем глубоких разрядов до 80%. Электропозрузчики, ФЭС и другая силовая электротехника широко используют такие АКБ. Маркируют их OpzS и OpzV. Недостаток таких АКБ – высокая цена.

2) Щелочные АКБ.

Положительным качеством АКБ данного вида является способность переносить глубокий разряд токами разной величины.

К отрицательным качествам можно отнести большие размеры и наличие эффекта памяти, который обусловлен тем, что в случае неполного разряда при последующей зарядке аккумулятор теряет часть своей ёмкости.

В случае использования подобных аккумуляторов в системах солнечных электростанций периодически будут возникать ситуации, когда разряд АКБ будет неполным, вследствие чего аккумуляторы потеряют часть своей ёмкости, что в конечном счете неблагоприятно отразится на работе системы в целом [25].

3) Литиевые АКБ.

Литиевые аккумуляторы применяются во многих отраслях и производствах, в том числе в альтернативной энергетике. В связи с высокой стоимостью устройств, широкого распространения в системах солнечных электростанции аккумуляторы данного вида не получили, т. к. это значительно повышает стоимость всей системы и ее окупаемость [25].

К положительным свойствам литиевых АКБ можно отнести высокую энергоемкость, небольшие габариты, способность выдерживать глубокий разряд и способность к быстрому заряду.

Чем больше выходное напряжение СЭС, тем меньше емкость, ток разряда аккумуляторной батареи и ниже ее цена.

Исходя из вышеперечисленного принимаем к установке АКБ типа GEL тяговый панцирный MicroArt 2-960 (Россия) напряжением 2 В и общим напряжением АКБ СЭС 48 В. Характеристики АКБ MicroArt 2-960 представлены в таблице 21 [26].

Данный АКБ используется в резервных и автономных системах электроснабжения, т.к. имеет, в отличие от других аккумуляторов, срок службы от 1 500 циклов заряда-разряда. Для многих, даже гелевых аккумуляторов, это является максимально возможным количеством циклов заряда-разряда. Данный вид аккумулятора имеет один недостаток – его необходимо обслуживать, что конечно увеличит затраты на обслуживание всей СЭС. Хотя обслуживание производится будет редко так как данные АКБ снабжены пробками рекуперации водорода [26].

Панцирный 2-х вольтовый аккумулятор емкостью 960А может сохранить до 1 920 Вт энергии. Поставляется в сухозаряженном состоянии. Перед установкой аккумулятора требуется его заполнить электролитом приблизительно 13 л. «ОСОБО ЧИСТЫЙ ЭЛЕКТРОЛИТ». Наличие примесей в электролите существенно снижает срок службы аккумулятора [26].

Таблица 21 – Характеристики АКБ MicroArt 2-960

Характеристика АКБ	Величина
Ёмкость АКБ	960 ампер
Выходное напряжение	2 вольта
Энергоёмкость	1 920 Вт
Кол-во электролита для заполнения АКБ	13 литров
Количество циклов	от 1 500
Срок службы АКБ	15 лет
Гарантия	2 года
Габариты	66x16x20см
Вес (в сухозаряженном состоянии)	50 кг
Тип	Обслуживаемый

Энергия (энергоемкость) аккумуляторной батареи определяется как произведение ее емкости на номинальное напряжение. Емкость показывает потенциал аккумуляторной батареи, т.е. сколько времени она сможет питать

нагрузку, если будет полностью заряжен. По мере разряда напряжение и энергоемкость аккумуляторной батареи падают.

Расход емкости ΔC аккумуляторной батареи СЭС за время питания нагрузки $\Delta t_{\text{нв}}$ определяется по формуле (3.13) [27]:

$$\Delta C = \frac{P_{\text{н}}}{U_{\text{н}}} \Delta t_{\text{нв}} = \frac{P_{\text{н}}}{U_{\text{н}}} (24 - \Delta t_{\text{дв}}) \quad (3.13)$$

где $P_{\text{н}}$ – номинальная мощность нагрузки, для каждого объекта из таблицы 14 и 15;

$U_{\text{н}}$ – номинальное напряжение нагрузки, принимаем 48 вольт;

$\Delta t_{\text{нв}}$ – интервал ночного времени суток в летнее время $\Delta t_{\text{нв}} = 10$ часов, зимой – $\Delta t_{\text{нв}} = 16$ часов [27];

$\Delta t_{\text{дв}}$ – интервал дневного времени суток, принимаем 16 часов [27].

Рассчитаем расход емкости для батареи объекта «Пойлово» в зимнее время.

$$\Delta C = \frac{P_{\text{нагр1}}}{U_{\text{н}}} \Delta t_{\text{нв}} = \frac{35904}{48} \cdot 16 = 11968 \text{ Ач};$$

Тоже для объекта «Таловка»:

$$\Delta C = \frac{P_{\text{нагр2}}}{U_{\text{н}}} \Delta t_{\text{нв}} = \frac{11573}{48} \cdot 16 = 3857 \text{ Ач};$$

Глубокий разряд может вывести аккумулятор из строя. Поэтому производители аккумуляторов устанавливают конечное напряжение разряда, при достижении которого аккумулятор необходимо отключать от нагрузки и заряжать. Чтобы аккумулятор служил долго, его нельзя разряжать более чем на 70-80% [27]. Степень разреженности АКБ СЭС:

$$S_p = \frac{C_{\text{н}} - C_{\text{min}}}{C_{\text{н}}} 100\% = \frac{\Delta C}{C_{\text{н}}} 100\% \quad (3.14)$$

Выразив из (3.14) емкость АКБ $C_{\text{аб н}}$ с учетом (3.13) получаем выражение для определения требуемой емкости аккумуляторной батареи СЭС в виде:

$$C_{\text{абн}} = \frac{100}{S_p} \cdot \frac{P_{\text{наг}}}{U_{\text{н}}} \cdot \Delta t_{\text{нв}} \quad (3.15)$$

Наиболее тяжелым режимом эксплуатации АКБ СЭС является зимнее время, поэтому при расчетах по формуле (3.15) принимают $\Delta t_{\text{нв}} = 16$ ч, а степень разреженности АКБ – $S_p = 70\%$.

Рассчитаем емкость для батареи объекта «Пойлово»:

$$C_{\text{аб1}} = \frac{100}{S_p} \cdot \frac{P_{\text{нар1}}}{U_{\text{н}}} \Delta t_{\text{нв}} = \frac{100}{70} \cdot \frac{35904}{48} \cdot 16 = 17097 \text{ Ач};$$

Тоже для объекта «Таловка»:

$$C_{\text{аб2}} = \frac{100}{S_p} \cdot \frac{P_{\text{нар1}}}{U_{\text{н}}} \Delta t_{\text{нв}} = \frac{100}{70} \cdot \frac{11573}{48} \cdot 16 = 5510 \text{ Ач};$$

Для стационарных(промышленных) свинцовых аккумуляторов максимальный ток разряда ограничен значением, которое численно в амперах составляет от 5 до 25 емкостей аккумулятора. Чем меньше ток СЭС, тем меньше омические потери мощности, выше КПД и, следовательно, ниже стоимость солнечной электростанции. Поэтому выгодно иметь электрические системы высокого напряжения. Причем, чем больше мощность электростанции, тем больше выигрыш высоковольтной системы по сравнению с низковольтной.

Аккумуляторная батарея СЭС с емкостью $C_{\text{н}}$ набирается из отдельных серийно производимых аккумуляторных батарей небольшой емкости путем последовательного и параллельного их соединения. Последовательное соединение отдельных аккумуляторных батарей используется для увеличения напряжения, а емкость ветви аккумуляторной батареи при этом соответствует емкости отдельной аккумуляторной батареи. Получившаяся при параллельном соединении аккумуляторная батарея имеет то же напряжение, что и одиночная аккумуляторная батарея, а емкость такой аккумуляторной батареи равна сумме емкостей входящих в нее одиночных аккумуляторных батарей.

Энергоемкость аккумуляторной батареи автономной солнечной электростанции вычисляется по формуле (3.16):

$$W = C_{\text{н}} \cdot U_{\text{н}} \quad (3.16)$$

Чем больше энергоемкость или емкость при заданном напряжении аккумулятора, тем меньше отдельных аккумуляторов потребуется в аккумуляторную батарею СЭС.

Число последовательно включенных одиночных аккумуляторных батарей в ветви:

$$n = U_{\text{н}} / U_{\text{аб}}, \quad (3.17)$$

где $U_{аб}$ – напряжение отдельной аккумуляторной батареи. $U_{аб} = 2$ В для выбранной батареи.

Число параллельных ветвей в аккумуляторной батарее СЭС:

$$m = C_n / C_{аб}, \quad (3.18)$$

где $C_{аб}$ – емкость отдельной аккумуляторной батареи, $C_{аб} = 960$ Ач согласно выбранной батареи.

Тогда общее число отдельных аккумуляторных батарей в аккумуляторной батарее СЭС соответствует:

$$N = n \cdot m, \text{ шт} \quad (3.19)$$

Рассчитаем количество аккумуляторных батарей для двух объектов:

$$n_1 = U_n / U_{аб} = 48 / 2 = 24 \text{ шт};$$

$$n_2 = U_n / U_{аб} = 48 / 2 = 24 \text{ шт};$$

$$m_1 = C_n / C_{аб} = 17097 / 960 = 17,8 \text{ округляем до } 18 \text{ шт};$$

$$m_2 = C_n / C_{аб} = 5510 / 960 = 5,7 \text{ округляем до } 6 \text{ шт};$$

$$N_1 = n_1 \cdot m_1 = 24 \cdot 18 = 432 \text{ шт};$$

$$N_2 = n_2 \cdot m_2 = 24 \cdot 6 = 144 \text{ шт}.$$

В результате расчетов получили на объекте «Пойлово» количество АКБ равное 432 шт, на объекте «Таловка» 144 шт. Очевидно, что расчет дает завышенную требуемую емкость аккумуляторной батареи. Для более точного определения требуемой емкости необходимо как можно точнее учесть изменение графика нагрузки на интервале ночного времени суток.

3.2.4 Выбор типа солнечного контроллера

Солнечный контроллер – электронный прибор, отвечающий за контроль и регулировку заряда аккумуляторной батареи.

Существует три типа контроллеров для солнечных батарей, отличающиеся своей функциональностью и некоторыми особенностями [27]:

ON/OFF контроллер – самый простой из существующих. Редко применяется в современных системах, т.к. имеет массу недостатков. Суть его работы заключается в том, что он просто отключает поступление электричества с солнечной панели при достижении максимального заряда батареи. Напряжение и сила тока при этом будет изменяться в зависимости от интенсивности работы самих панелей. АКБ при этом сама регулирует сколько

«взять» тока. В итоге, максимальный ток достигается при 70% уровня заряда АКБ, контроллер срабатывает. Батарея быстро приходит в негодность. Двумя ощутимыми достоинствами такого устройства является его стоимость и простота обслуживания и подключения [27];

ШИМ или PWM (Широтно-импульсная модуляция – англ. pulse-width modulation (PWM)) – контроллеры обеспечивают ступенчатую зарядку АКБ путем переключения между различными режимами заряда. Эти режимы, в свою очередь, выбираются автоматически в зависимости от степени разреженности аккумулятора. АКБ заряжается до 100% за счет повышения напряжения и понижения силы тока. Недостатком такого контроллера являются потери при зарядке аккумулятора – до 40% [27];

MPPT регулятор заряда (Отслеживание точки максимальной мощности – англ. MPPT Maximum power point tracking) – работают по принципу поиска точки максимальной мощности, то есть передача нагрузке максимальной энергии, которую вырабатывают солнечные панели. Точка максимальной мощности панелей всегда плавает, потому что в каждый момент времени меняется угол падения лучей солнца и соответственно изменяется напряжение и ток, т. е. меняется мощность панели в каждый момент времени [27].

Такие приборы являются более дорогими относительно других видов контроллеров. Но увеличение солнечной энергии до 30% дает большое преимущество MPPT контроллерам.

Условия выбора солнечного контроллера:

1) $U_{\text{контр}} \geq U_{\text{ФЭМ}}$ – входное напряжение солнечного контроллера должно быть равно или больше максимальному напряжению выдаваемой солнечной батареей (в том числе напряжением холостого хода батарей);

2) $U_{\text{контр}} \geq U_{\text{аб}}$ – выходное напряжение солнечного контроллера должно быть равно или больше максимальному напряжению заряжаемой им АКБ;

3) $I_{\text{контр}} \geq I_{\text{зар.аб}}$ – ток заряда выдаваемый солнечным контроллером должен быть больше или равен максимальному току заряда АКБ;

4) Солнечный контроллер должен подходить к типу АКБ (то есть уметь заряжать данную АКБ).

Максимальный ток заряда АКБ определяется, согласно формулы 3.20 [28], А:

$$I_{\text{зряд. аб}} = 0,1 \cdot C_{\text{аб}} \quad (3.20)$$

Соответственно зарядный ток батарей двух объектов будет равен исходя из емкости цепочки n последовательно соединенных батарей всей АБ:

$$I_{\text{зряд. аб1}} = 0,1 \cdot C_{\text{аб1}} = 0,1 \cdot 960 = 96 \text{ А};$$

$$I_{\text{зряд. аб2}} = 0,1 \cdot C_{\text{аб2}} = 0,1 \cdot 960 = 96 \text{ А};$$

Исходя из количества параллельно соединённых ветвей m АБ для объекта «Пойлово» выбираем количество 18 шт МРРТ контроллеров на ток 100 А и 6 шт для объекта «Таловка».

Исходя из выше перечисленного – принимаем к установке МРРТ контроллер ЭКО ЭНЕРГИЯ МРРТ ПРО с током зарядки 100А и напряжением солнечных батарей до 200В (Россия). Характеристики ЭКО ЭНЕРГИЯ МРРТ ПРО 100А 200В представлены в таблице 22 [29].

Таблица 22 – Характеристики ЭКО ЭНЕРГИЯ МРРТ ПРО 100А 200В

Характеристика контроллера	Величина
Напряжение солнечной батареи	200 Вольт
Ток заряда	100 ампер
Тип АКБ	Все типы.
Напряжение АКБ	12В, 24В, 48, 96В.

3.2.5 Выбор типа инвертора

Инвертор – устройство для преобразования постоянного тока в переменный с изменением величины напряжения. Обычно представляет собой генератор периодического напряжения, по форме приближённого к синусоиде, или дискретного сигнала.

Для получения переменного тока от СЭС или АКБ, доступного потребителю, используют инверторы, делящиеся на три основных типа [30]:

Сетевые инверторы применяется в тех случаях, когда СЭС подает энергию в основную сеть, допустим питая внутреннюю сеть предприятия. Удобная функция синхронизации с основной сетью позволит вовремя отключить подачу электроэнергии при исчезновении напряжения в сети. Данный тип устройств может служить для продажи электроэнергии [30];

Автономные инверторы используются в системах автономного, энергонезависимого питания, не нуждающегося во внешней сети. Зачастую инверторы данного типа уже имеют контроллеры заряда, позволяющие днем накапливать энергию, а в отсутствии лучистой энергии – отдавать ее. Стоимость автономных генераторов периодического напряжения сравнительно высока, однако главной целью здесь становится не экономия, а энергонезависимость [30];

Гибридные инверторы для питания могут использовать как энергию СЭС и АКБ, так и основную сеть. В состав генераторов этого типа уже входят контроллеры заряда, и зарядные устройства, позволяющие подключить дополнительный источник энергии при отсутствии солнца. Подключение помогает подзарядить аккумуляторы благодаря бензиновым или дизельным генераторам, или ВЭУ. Гибридные инверторы обладают высоким КПД,

положительно влияющим на параметры работы автономной системы электроснабжения на солнечных батареях [30].

Согласно выше описанного для рассчитываемой СЭС подходят гибридные инверторы.

При выборе инвертора учитывается вся суммарную нагрузку приборов, подключаемых к инвертору, увеличенная, как минимум, на 30% [31]. Выбранный на эту мощность инвертор позволит запускать такие электроприборы, как компрессорный холодильник, насосы и др., с пусковыми мощностями, в 3-4 раза превышающими паспортный.

Так же инверторы делятся на однофазные, трехфазные и однофазные с возможностью подключения трех таких инверторов в трехфазную сеть.

Выбор схемы подключения инвертора.

Существуют две основные схемы подключения инвертора.

Схема с центральным инвертором и схема с параллельными инверторами представлена на рисунке 15.

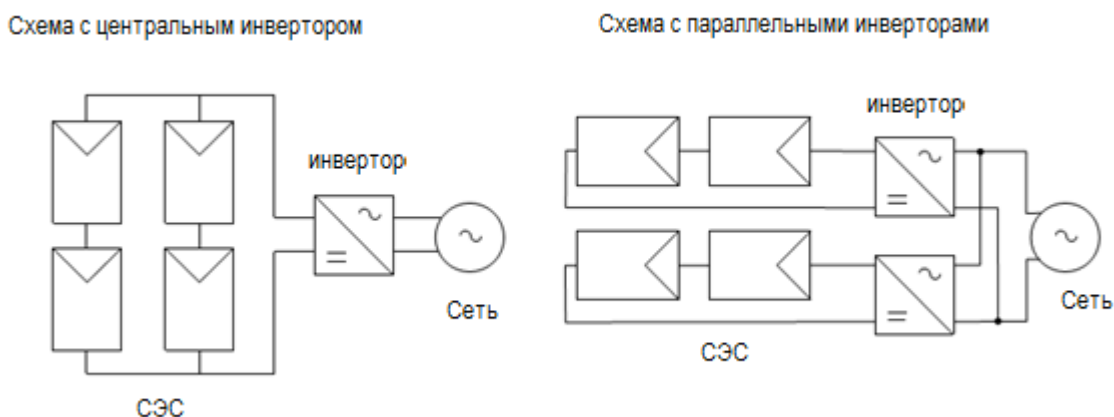


Рисунок 15 – Схемы подключения инверторов

Схема с центральным инвертором остается основным выбором для многих средне - и крупномасштабных СЭС. Большое количество ФЭМ подключены в серии, чтобы сформировать высокое напряжение. Центральный инвертор обеспечивает высокую надежность и простоту установки. Однако они имеют недостатки: в случае поломки инвертора (или длительного ремонта) вся система выходит из строя, так же есть проблемы с согласованием большого числа ФЭМ (так как они соединены последовательно-параллельно).

Параллельные инверторы обеспечивают напряжение на уровне для последовательно соединенных ФЭМ со всех последовательно соединенных ФЭС - независимы друг от друга. Это полезно в тех случаях, когда модули не могут быть установлены с той же ориентацией или где используются ФЭМ различной конфигурации, или когда есть проблемы затенения ФЭМ.

Инверторы установленные на параллельную работу, следующие преимущества. Во первых в случае поломки или длительного ремонта остается как минимум один инвертор и система продолжает работать. Во-вторых, это отказ от хранения резервного инвертора. Это позволит легко справиться с

непредвиденными обстоятельствами, как в случае отказа инвертора. Недостатки – это сложность настройки инверторов на параллельную работу, удорожание инверторов, так как необходимо применять приставку для параллельной работы.

В соответствии с выше описанным для нашего случая принимаем для объекта «Пойлово» и «Таловка» схему с центральным инвертором.

Критерии выбора ивертора:

1) $U_{\text{инв}} \geq U_{\text{ФЭМ}} (U_{\text{АБ}})$ – входное напряжение инвертора должно быть равно или больше максимальному напряжению выдаваемой солнечной батареей (в том числе напряжением холостого хода батарей)или АКБ;

2) $U_{\text{инв}} = U_{\text{сети}}$ – выходное напряжение инвертора должно быть равно напряжению питаемых потребителей (сети);

3) $P_{\text{инв}} \geq P_{\text{общ.сети}}$ – мощность выдаваемая инвертором должен быть больше или равен мощности сети увеличенной на 30% [31];

4) Пиковая мощность инвертора должна соответствовать пусковой мощности самого мощного электроприемника или быть больше ее.

5) Инвертор должен быть той системы, напряжения и частоты, что и сеть питаемая им сеть.

Рассчитаем мощность инвертора, увеличенную на 30 % [31], Вт:

$$P_{\text{инв}} = P_{\text{расч.нагр1}} \cdot 1,3 \quad (3.21)$$

Тогда для каждого объекта мощность инвертора составит:

$$P_{\text{инв1}} = P_{\text{расч.нагр1}} \cdot 1,3 = 29920 \cdot 1,3 = 38896 \text{ Вт};$$

$$P_{\text{инв2}} = P_{\text{расч.нагр2}} \cdot 1,3 = 9644 \cdot 1,3 = 12537 \text{ Вт};$$

Анализируя по мощности, имеющиеся сейчас на рынке инверторы Российского производства, для объекта «Пойлово» выбран инвертор МАП HYBRID 48-15 х 3 фазы (45 кВт). Для объекта «Таловка» выбран инвертор МАП HYBRID 48-4.5 х 3 фазы (13.5 кВт). Технические характеристики двух инверторов представлены в таблице 23 [32].

Таблица 23 – Характеристики МАП HYBRID 48

Наименование характеристики	«Пойлово»	«Таловка»
Наименование инвертора	МАП HYBRID 48-15 х 3 фазы (45 кВт)	МАП HYBRID 48-4.5 х 3 фазы (13.5 кВт)
Мощность, кВт	45.00	13.50
U, В	48.0	48.0
U _{вых} , В	220.00 - 380.00	220.00 - 380.00

Наименование характеристики	«Пойлово»	«Таловка»
~Частота, Гц	50	50
Пиковая мощность, кВт	57.00	21.00
Максимальная мощность, кВт	45.00	13.50
Номинальная мощность, кВт	30.00	9.00
Температурный диапазон, °С	-25...50	-25...50

3.3 Расчет ветровой установки (ВЭУ)

3.3.1 Расчет режима и требования к ВЭУ

Применять ВЭУ будем только на объекте «Пойлово» это связано с несколькими причинами. Во первых объект «Таловка» находится в логу и окружен хребтами горной гряды хребта «Борус» и окружен смешанными лесами, что сильно ослабляет энергию получаемую от ветра. Объект «Пойлово» наоборот находится на более открытой местности на берегу Енисея, что позволит более эффективно использовать энергию ветра. Во вторых расчет СЭС показал, что объект «Таловка» полностью будет обеспечен питанием даже в зимние месяцы от СЭС. Объекту «Пойлово» наоборот, в зимние месяцы недостаточно, применение одной СЭС.

Технические требования к ВЭУ:

1) ВЭУ должна быть ориентирована по направлению ветра, по проведенной за интервал июнь-январь, по данным метеостанции установленной на объекте, можно утверждать, что направление ветра на данном участке практически не меняется $239,52^\circ \pm 35^\circ (\pm 15\%)$ [9];

2) для выработки электроэнергии ВЭУ скорость ветра должна быть более 2 м/с, но при скорости более 15 м/с агрегат должен отключаться;

3) не должны превышать допустимые нормы шума: днем – 52 дБ, ночью – 44 дБ [33];

4) Мощность ВЭУ должна соответствовать необходимой нам мощности по результатам расчетов.

Для оценки ресурсов использования энергии ветра определим потенциал ветра данного района. Методика определения описана в источнике [34].

В качестве интегральной энергетической характеристики ветра широко используется удельная мощность ветрового потока (ветровой потенциал), приходящаяся на единицу поперечного сечения потока. Теоретический ветроэнергетический потенциал оценивается с помощью формулы (3.22):

$$P_{уд} = 0,5 \cdot \rho \cdot (V^3)_{ср}, \quad (3.22)$$

где ρ – плотность воздуха, равная $1,225 \text{ кг/м}^3$ на уровне моря при атмосферном давлении 760 мм.рт.ст. и температуре 15°C ;
 $(V^3)_{\text{ср}}$ – средний куб скорости.

Средний куб скорости может быть выражен через среднюю скорость по формуле (3.23):

$$(V^3)_{\text{ср}} = 1,9(V_{\text{ср}})^3 \quad (3.23)$$

Подставив полученное выражение в формулу (3.22), получаем:

$$P_{\text{уд}} = 0,95 \cdot \rho \cdot (V_{\text{ср}})^3 \quad (3.24)$$

Подставим в формулу (3.23) значение плотности воздуха. Получаем упрощенную формулу (3.25).

$$P_{\text{уд}} = 1,17 \cdot V_{\text{ср}}^3 \quad (3.25)$$

Произведем расчет ветрового потенциала по формуле (3.25) по данным местной метеостанции установленной на объекте $V_{\text{ср}}$ [9] и занесем их в таблицу 24.

Таблица 24 – Потенциал ветрового потока по данным [9]

Промежуток времени	$V_{\text{ср}}$, м/с	P_o , Вт/м ²
Январь	3,6	54,59
Февраль	3,5	50,16
Март	3,3	42,05
Апрель	3,4	45,99
Май	3,1	34,86
Июнь	2,8	25,68
Июль	2,6	20,56
Август	2,8	25,68
Сентябрь	3,1	34,86
Октябрь	3,5	50,16
Ноябрь	3,7	59,26
Декабрь	3,7	59,26
За год	3,3	42,05

Построим зависимость ветрового потенциала от времени указанную на рисунке 16.

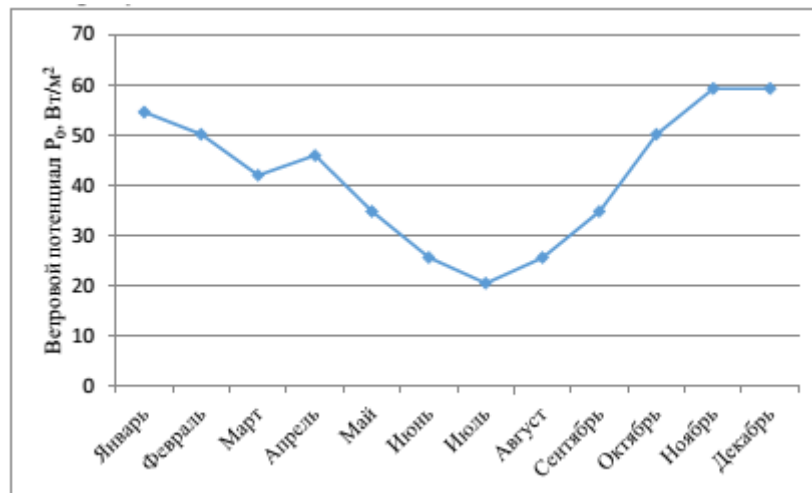


Рисунок 16 – График зависимости ветрового потенциала от времени года

По данному графику можно сделать вывод, что использование ветроэнергетических ресурсов будет наиболее выгодное в зимне-весенний период, что нам и необходимо для лучшей работы СЭС.

Для выбора ВЭУ определим мощность необходимую нам для питания объекта при минимальной выработке СЭС.

Согласно таблицы 20 Выработка СЭС в декабре месяце составит примерно 16,898 кВт ч при необходимом нам 29,920 кВт ч из таблицы 15. Соответственно дефицит мощности составит примерно $29,920 - 16,898 = 13022$ кВт ч.

Рассчитаем номинальную мощность ветрогенератора необходимую для зарядки АКБ по формуле (3.26), Вт·ч:

$$P_{ВЭУ} = V_c / \xi \cdot \eta_{ген}, \quad (3.26)$$

где ξ - коэффициент использования энергии ветра. Коэффициент использования энергии ветра зависит от вида ветроколеса и составляет 35–40% для профилированного крыльчатого репеллера.

$\eta_{ген}$ - КПД генератора, примерно составляет 80% [7];

V_c - скорость заряда аккумуляторов, определяется по формуле (3.27), Вт·ч.

$$V_c = C_{аб1} / T_r, \quad (3.27)$$

где T_r – количество часов в сутках, равное соответственно 24 часам.

$$V_c = C_{аб1} / T_r = 17097 / 24 = 712 \text{ Вт·ч};$$

$$P_{ВЭУ} = V_c / \xi \cdot \eta_{ген} = 712 / 0,4 \cdot 0,8 = 2226,17 \text{ Вт·ч.}$$

Таким образом, при наших исходных подойдет ветрогенератор с номинальной мощностью 3 кВт.

Следует заметить, что данный способ оценки является ориентировочным в силу субъективного выбора некоторых данных. Тем не менее, при правильном определении исходных он позволяет подобрать ветрогенератор по номинальной мощности, близкой к реальной и избежать неоправданных расходов.

3.3.2 Выбор типа ВЭУ

Описание типов ВЭУ представлено в пункте 1.3.2 «Ветровые электроустановки (ВЭС)» настоящей работы.

Критерии выбора ветрогенератора:

1) $U_{ВЭУ} = U_{сети}$ – выходное напряжение генератора должно быть равно напряжению питаемых потребителей (контроллера, АКБ);

2) $P_{ВЭУ} \geq P_{сети}$ – мощность ветрогенератором должна соответствовать необходимой нам мощности или быть немного больше ее;

3) Ветрогенератор должен быть рассчитан на минимальный и максимальную силу ветра.

Исходя из выше перечисленного принимаем к установке ветрогенератор 3 KW-48V STORM USE (Sunny Energy Science and Technology, Китай) с изменяемым углом атаки лопастей [35]. Технические характеристики ветрогенератора представлены в таблице 25. График выработки электроэнергии представлен на рисунке 17.

Таблица 25 – Технические данные 3 KW-48V STORM USE

Наименование	Значение
Диаметр ветроколеса:	4 м
Регулировка угла лопастей:	Автоматическая
Номинальная скорость ветра:	9 м/сек
Номинальное напряжение:	48 В
Номинальная/максимальная мощность:	3000/4000 Вт
Генератор:	трехфазный, постоянные магниты
Номинальная скорость вращения:	300 об/мин
Стартовая скорость ветра:	3 м/сек
Рекомендуемая высота мачты:	от 9.0 м
Передача:	прямая
Срок эксплуатации	15 лет



Рисунок 17 – Характеристики мощности в зависимости от силы ветра

Ветрогенератор поставляется без мачты. При выборе мачты необходимо помнить, что чем выше от уровня земли находится ветрогенератор тем выше обычно скорость ветра. Так же мачта должна выдерживать максимальную скорость ветра характерную для данного места установки, должна быть легка в установке.

Место установки выбираем со стабильной, длительной и эффективной скоростью ветра, рельеф местности плоский, не выше здание или холма. На месте установки нежелательно, что бы были неровности в виде холмов, это связано с тем, что поднимающийся ветер будет производить вихри. Это возможно и при малых ветрах. Такие места называются зонами турбулентностями. Зона турбулентности увеличивается из за размерам преграды. Обычно длина зоны турбулентности на 10-20 раз больше, чем ширина барьера. Высота турбулентности в 2 раза больше, чем высота барьера [35].

В случае невозможности установки ветрогенератора перед преградой, то высота монтажа ветряка должна быть в 3 раза больше высоты этой преграды [9].

Ветряки рекомендуется устанавливать на вершине гор. Горный хребет и пик обладает естественной функцией высокой опоры. Скорость потока воздуха вблизи хребта будет увеличиваться, т.к. образуется эффект аэродинамической трубы. Выработка энергии будет увеличиваться. Но структура гор влияет на направление и скорость ветра. Лучшее условие это подобрать правильный угол между основным направлением ветра и горным хребтом. В противном случае скорость ветра будет уменьшаться.

Исходя из данных требований выбираем мачту для ветрогенератора высотой 12 м. Примерная конструкция ВЭУ представлена на рисунке 18.

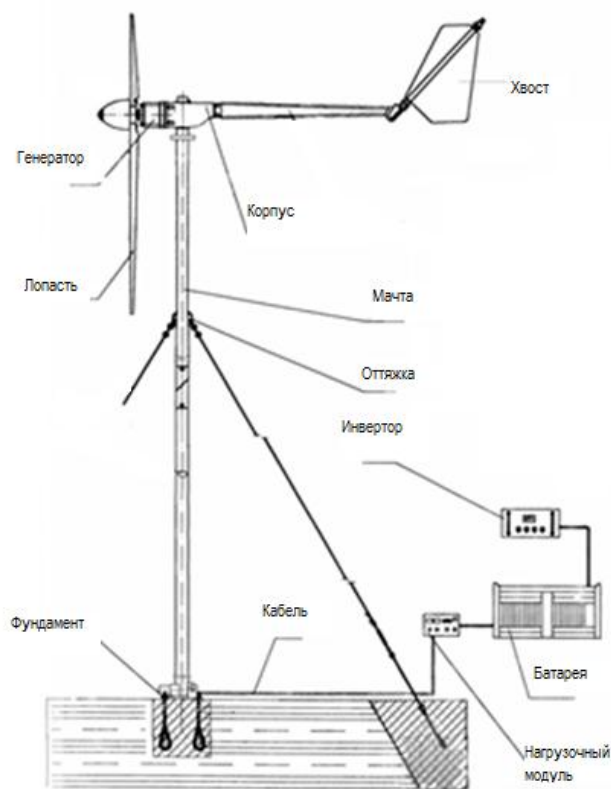


Рисунок 18 – Конструкция ветрогенератора

При выборе местоположения ВЭУ, необходимо так же помнить, что расстояние между генератором и потребителем должно минимальным. Чем короче расстояние, тем меньшее количество кабеля надо использовать и в результате, меньшее количество энергии будет теряться при ее передаче.

Мачту ветрогенератора так же необходимо заземлить или соединить с заземляющим устройством СЭС.

3.3.3 Выбор типа ветряного контроллера

Контроллер для ветрогенератора выполняет сразу несколько функций: контролирует повороты лопастей, зарядку аккумулятора и преобразовывает переменный ток в постоянный. Без применения данного устройства невозможно нормальное функционирование ВЭУ.

Типы ветровых контроллеров, делаться так же на три типа как и солнечные контроллеры, описание которых представлено в пункте 3.2.4 данной работы.

Условия выбора ветрового контроллера:

1) $U_{\text{контр}} \geq U_{\text{ВЭУ}}$ – входное напряжение ветрового контроллера должно быть равно или больше максимальному напряжению выдаваемой ВЭУ(в том числе напряжением холостого хода ветрогенератора);

2) $U_{\text{контр}} \geq U_{\text{аб}}$ – выходное напряжение солнечного контроллера должно быть равно или больше максимальному напряжению заряжаемой им АКБ, в нашем 48 В;

3) $I_{\text{контр}} \geq I_{\text{зар.аб}}$ – ток заряда выдаваемый ветровым контроллером должен быть больше или равен максимальному току заряда АКБ, в нашем случае данный критерий не так важен так как ВЭУ является дополнительной точкой поставки мощности;

4) Ветровой контроллер должен подходить к типу АКБ (то есть уметь заряжать данную АКБ) в нашем случае свинцовые АКБ панцирного типа.

Контроллеры для ветрогенераторов никогда не отключают ветрогенератор и работают по двум основным принципам. Контроллеры для мощных ветрогенераторов обычно снабжены большим балластным резистором. И когда напряжение на аккумуляторе поднимется до определённого предела то контроллер включает балласт и лишняя энергия от ветрогенератора сжигается на балласте. При этом и ветряк под нагрузкой и аккумулятор не перезаряжается. А так-же часто вместо резистора балластного подключают нагревательные тэны и греют воду лишней энергией, например для подпитки горячей воды на объекте [7].

Ветрогенератор без нагрузки оставлять нельзя в сильный ветер, без нагрузки винт будет крутиться на очень больших оборотах, сильно шуметь, и испытывать сильные ветровые перегрузки, от этого ветрогенератор может просто не выдержать и выйти из строя. Так же без нагрузки у ветрогенератора напряжение может доходить до больших значений, что так же может вывести из строя контроллер.

Исходя из выше перечисленного - принимаем к установке MPPT контроллер: КЭВ Dominator MPPT 200В 5 кВт (Россия) [36]. Характеристики контроллера представлены в таблице 26. Выбор контроллера на мощность 5 кВт при номинальной мощности ВЭУ обусловлен, тем что согласно характеристик ВЭУ – максимальная мощность ВЭУ может при сильном ветре доходить до более 4 кВт, указано в таблице 25.

Таблица 26 – Технические данные КЭВ Dominator MPPT 200В 5 кВт

Наименование	Величина
Макс мощность, кВт	5
Макс напряжение, В	200
КПД	98%
Габариты [ВхГхШ] (без учёта блока №2 и без ТЭН), см	35x12x21
Габариты [ВхГхШ] Блок №2, см	23x10x15.5
Габариты [ВхГхШ] ТЭН, см	52x10.5x13
Масса (без учёта блока №2 и без ТЭН), кг	5.00

3.3.5 Обоснование выбора ВЭУ как вспомогательного источника питания

Как описывалось, выше ВЭУ мы применяем в комплексе с СЭС для создания гибридной солнечно-ветровой электростанции. Если предложить исключить из выработки мощности СЭС, то согласно, таблицы 15 и расчетов п. 3.2.2 настоящей работы – требуемая мощность составит для нас 35904 Вт. Соответственно, если устанавливать ВЭУ по 5 кВт каждый в одном месте, то для питания объекта нам потребуется от 8 до 10 ВЭУ.

Так как расстояние между ближайшими двумя должна быть в 10 раз больше чем диаметр ветроколеса, то с учетом того что диаметр ветроколеса для 5 кВт ВЭУ составит 6 метров, то соответственно расстояние между двумя ВЭУ будет 60 метров, между тремя 120 метров и т.д. То есть ветряная электростанция займет большую площадь, что неприемлемо для нас, так как площадь объекта «Пойлово» ограничена лесом, горной грядой и берегом реки Енисей и грубо представляет собой прямоугольник размерами 350 на 200 м.

Так же необходимо учитывать, что согласно расчетам необходимый ветровой поток бывает только в осенне-зимний период, а в случае полного штиля затяжного выработка прекратиться.

Для дополнительной оценки ресурсов ветровой энергии воспользуемся так же программой онлайн-калькулятор [22], которая определяет выработку электроэнергии ВЭУ, в зависимости от количества средней ветровой энергии на выбранной территории.

На рисунке 19 отображен график выработки электроэнергии ВЭУ за год [22].



Рисунок 19 – График выработки по месяцам электроэнергии ВЭУ Пойлово

Расчетные данные и данные, полученные от онлайн-калькулятора - практически совпадают, что указывает на достоверность расчетов.

3.4 Расчет микроГЭС

3.4.1 Обоснование применения микроГЭС на объектах

Согласно [9] гидрологические условия парка реки и озёра замерзают в конце октября, практически все промерзают до дна. Вскрываются реки в конце апреля. В конце весеннего половодья и летних дождевых паводков уровень воды в реках поднимается до 2 м, скорость течения увеличивается до 3 – 4 м/сек.

Исходя, из этих данных работа микроГЭС возможна только с апреля по октябрь включительно. Данный период не входит в пиковое потребление зимних месяцев. Поэтому, для работы микроГЭС в зимний период необходимо создать искусственный водоем с учетом высоты на толщину льда. Согласно Гирометцентра России [37] на реках азиатской части России среднегодовая толщина льда преимущественно 40-100 см, то есть принимаем максимальную толщину 1 метр.

МикроГЭС необходимо устанавливать как можно близко к приемнику электрической энергии для уменьшения потерь на передачу в проводах.

Рассмотрим подробнее оба объекта исследования на возможность применения МикроГЭС.

Объект «Пойлово»:

На территории объекта «Пойлово» располагается река Пойлово. Данная река возле объекта «Пойлово» образует дельту из небольших ручьев и основного русла. Ширина русла до 2 метров, максимальная высота русла не более 1,5, фактически 0,8 м. Скорость течения до 3 м/сек.

Русло реки с одной стороны находится у склона горы, другая сторона выходит на равнину и лес где находится объект, что не позволяет установить плотину блочного (насыпного) типа должной высоты (напора). Перед выходом в долину объекта река делает поворот и расходиться на несколько параллельных ручьев, что усложняет установку плотины деривационного типа. Перепад высот так же не большой и составляет приблизительно на выходе к объекту 2-3 м на 100 м.

Река питается в основном таловыми водами ледников хребта Борус. Половодье наступает в мае – июне месяце в связи с активным таянием ледников сначала нижних затем высокогорных. Максимальный приток так же наблюдается в августе месяце в связи с обильными дождями.

Так же объект находится изолированно от дорог и единственным транспортом через реку Енисей является катер, что значительно усложнит строительно-монтажные работы и подвоз тяжелой техники и материалов.

Сопоставив все вышеперечисленные данные, а так же осмотрев объект непосредственно на месте согласно рисунка 20, можно сказать, что установка МикроГЭС необходимой мощности 35 – 40 кВт на данном объекте сложна и будет весьма затратная. Возможна установка ПикоГЭС небольшой мощности, приблизительно до 5 кВт.

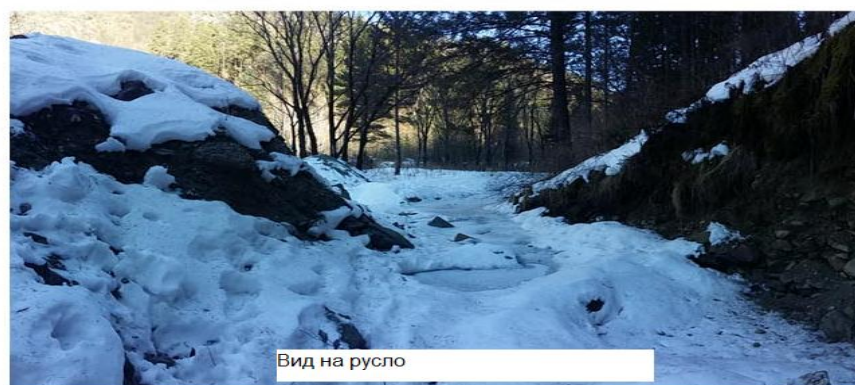


Рисунок 20 – Виды реки Пойлово (начало мая 2017)

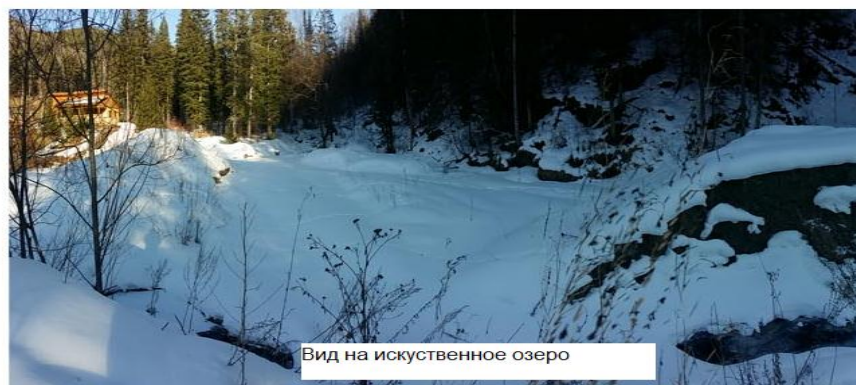
Объект «Таловка»:

На территории объекта «Таловка» располагается река Таловка. Данная река имеет одно основное русло. Ширина русла до 2 метров, максимальная высота русла от 1 – 3 м местами, фактически 0,6 м. Скорость течения до 4 м/сек. Русло реки с одной стороны находится между двумя склонами гор. Перепад высот составляет приблизительно на выходе к объекту 10-12 м на 100 м.

Река питается в основном таловыми водами ледников хребта Борус. Половодье наступает в мае – июне месяце, иногда продолжается до июля в связи с активным таянием ледников сначала нижних затем высокогорных. Максимальный приток так же наблюдается в августе-сентябре месяце в связи с обильными дождями.



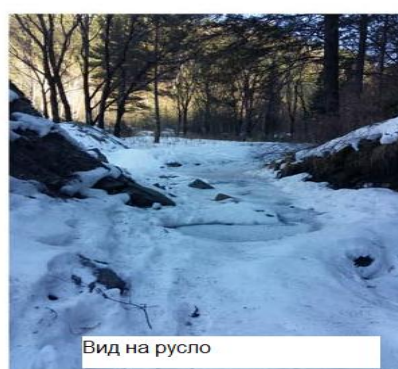
Вид на русло



Вид на искусственное озеро



Вид на русло



Вид на русло

Рисунок 21 – Виды реки Таловка (начало марта 2017)

Рядом с объектом расположен искусственный водоем прямоугольной формы, образующий небольшое озеро. В данном месте с учётом увеличения глубины водоема можно с небольшими затратами установить плотину блочного типа.

Сопоставив все вышеперечисленные данные, а так же осмотрев объект непосредственно на месте согласно рисунка 21, можно сказать, что установка МикроГЭС необходимой мощности 10 кВт на данном объекте возможна.

Далее расчет МикроГЭС будем производить для объекта «Таловка».

3.4.2 Расчет микроГЭС

3.4.2.1 Расчёт использования водной энергии

Для создания напора и необходимого запаса воды, рассчитаем имеющийся на объекте искусственный водоем со следующими размерами:

длина $L = 33$ м, ширина $B = 39$ м, высота или глубина водоема $H = 5$ м (с учетом увеличения высоты дамбы и берегов на 1 м). Размеры были измерены непосредственно на объекте.

Так же в расчетах учтем, что максимальная высота наполнения водоема будет $H_{\max} = 5$ м (для летнего и половодного периода), минимальная $H_{\min} = 3,5$ м (для зимнего периода, с учетом уменьшения притока в речке и толщиной льда).

Характеристики русла реки Таловка принимаем следующие (результаты измерений на объекте): длина русла перед водоемом $L_{\text{русла}} = 40$ м, $B_{\text{русла}} =$ до 4 м, высота возле входа в водохранилище $H_{\text{русла}} = 5$ м, уклон на 1м составляет $\delta_0 = 0,12$. Размеры полученные в результате измерений занесены в таблицу 27.

Таблица 27 – Исходные данные водохранилища и русла реки

Характеристика водохранилища					Характеристика русла			
Водохранилище, м					Русло, м			Уклон на 1 м, δ_0
Длин а L	Ширина В	Высота			Длин а $L_{\text{русла}}$	Ширин а $B_{\text{русла}}$	Высот а $H_{\text{русла}}$	
		Полная Н	Максим-ая H_{max}	Миним-ая H_{min}				
33	39	5	5	4	40	4	5	0,12

Определим объем водохранилища из условия трапециевидной формы водохранилища и в летний и зимний период, м^3 согласно, методики [6]:

Летом объем водохранилища составит согласно, формулы (3.28), м^3 :

$$V_{\text{лет}} = (L \cdot B \cdot H) + ((\delta \cdot (L_{\text{русла}} + H'_{\text{русла}})) \cdot L_{\text{русла}} \cdot B_{\text{русла}}), \quad (3.28)$$

где $H'_{\text{русла}}$ - высота русла реки с учетом уклона, определяется по формуле (3.29):

$$H'_{\text{русла}} = H_{\text{русла}} - \delta, \quad (3.29)$$

где δ – перепад высот русла в метрах, определяется по формуле (3.30):

$$\delta = H_{\text{русла}} - (L_{\text{русла}} \cdot \delta_0) \quad (3.30)$$

$$\delta = 5 - (40 \cdot 0,12) = 0,2 \text{ м};$$

$$H'_{\text{русла}} = 5 - 0,2 = 4,8 \text{ м};$$

$$V_{\text{лет}} = (33 \cdot 39 \cdot 5) + ((0,2 \cdot (40 + 4,8) \cdot 40 \cdot 4) = 6851 \text{ м}^3.$$

Зимой объем водохранилища составит:

$$V_{\text{зим}} = L \cdot B \cdot H_{\text{мин}} \quad (3.31)$$

$$V_{\text{зим}} = L \cdot B \cdot H_{\text{мин}} = 33 \cdot 39 \cdot 4 = 5148 \text{ м}^3.$$

Рассчитаем площадь потока реки, для каждого месяца года, согласно полученным данным и занесем результаты расчетов в таблицу 28. Стоит отметить, что данные для месяца декабрь, январь и февраль взяты приблизительно, в связи со льдом, покрывающим реку зимой.

Площадь потока реки определяется формулой:

$$S_{\text{пот}} = 0,5 \cdot (B_{\text{дна}} + B_{\text{пов}}) \cdot H_{\text{пов}}, \quad (3.32)$$

где $B_{\text{дна}}$, $B_{\text{пов}}$ – ширина дна и водной поверхности, в зависимости от месяца года, согласно таблицы 28;

$H_{\text{пов}}$ – высота уровня воды в реке, в зависимости от месяца года, согласно таблицы 28.

Расчет площадь потока реки Таловка согласно исходным данным из таблицы 27 оставит:

По формуле (3.32) определяем:

$$S_{\text{пот}} = 0,5 \cdot (B_{\text{дна.янв}} + B_{\text{пов.янв}}) \cdot H_{\text{пов.янв}} = 0,5 \cdot (2,2 + 0,7) \cdot 0,05 = 0,0725 \text{ м}^2.$$

Для остальных периодов расчетные данные площади потока реки Таловка представлены в таблице 28.

Таблица 28 – Исходные и расчетные данные русла реки Таловка

Исходные данные русла	Номер месяца года											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Номер месяца												
Ширина дна $B_{\text{дна}}$, м	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Ширина поверхности, $B_{\text{пов}}$, м	0,7	1,2	2,45	2,6	3,3	3,2	3,15	3,17	3	2,7	2,5	1
Высота русла, $H_{\text{пов}}$, м	0,05	0,1	0,1	0,1 5	0,35	0,33	0,3	0,32	0,2 5	0,2	0,05	0,04
Площадь потока, м^2	0,072 5	0,1 7	0,232 5	0,3 6	0,962 5	0,89 1	0,802 5	0,859 2	0,6 5	0,4 9	0,117 5	0,06 4

Рассчитаем скорость расхода воды в русле, м³/сек по формуле (3.33):

$$Q = S_{\text{пот}} \cdot V_{\text{пот}}, \quad (3.33)$$

где $V_{\text{пот}}$ – средняя скорость потока воды в русле м/сек, согласно полученным данным занесенных в таблицу 29. Стоит отметить, что данные для месяца декабрь, январь и февраль взяты приблизительно, в связи со льдом, покрывающим реку зимой.

Расчет расхода воды в реке Таловка согласно исходным данным из таблицы 28 и 29, для января месяца оставит:

$$Q = S_{\text{пот.январь}} \cdot V_{\text{пот.январь}} = 0,0725 \cdot 0,5 = 0,03625 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

Для остальных периодов расчетные данные площади потока реки Таловка представлены в таблице 29.

Таблица 29 – Исходные и расчетные скорости течения и расхода воды в реке Таловка

№ месяца	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Скорость потока, $V_{\text{пот}}$, м/сек	0,5	0,5	0,5	1,5	2,5	2,3	1,3	1,5	1	0,8	0,6	0,5
Расход м ³ /с	0,0362 5	0,085	0,1162 5	0,54	2,4062 5	2,049 3	1,0432 5	1,288 8	0,6 5	0,39 2	0,070 5	0,03 2

Рассчитаем время наполнения водохранилища, согласно расхода воды в русле и объема самого водохранилища по формуле (3.33):

$$T_{\text{напол}} = V_{\text{лет/зим}} / Q_{\text{мес}}, \text{ сек.} \quad (3.33)$$

Расчет времени заполнения согласно исходным данным из расчетов, для января месяца оставит:

$$T_{\text{напол.январь}} = V_{\text{зим}} / Q_{\text{мес.январь}} = 5148 / 0,03625 = 60564,7 \text{ сек или } 39,44 \text{ час}.$$

Для остальных периодов расчетные данные времени заполнения водохранилища представлены в таблице 30.

Таблица 30 – Время заполнения водохранилища

Время наполнения водохранилища вот месяца года												
Длительность	Номер месяца года											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Секунды	1420 13,8	60564,7 0588	58933,3 3333	1268 7,04	2847, 169	3343, 093	6566, 978	5315, 798	10540	1747 7,04	9717 7,3	1608 75
Час	39,44 828	16,8235 2941	16,3703 7037	3,524 177	0,790 88	0,928 637	1,824 161	1,476 61	2,9277 778	4,854 734	26,99 37	44,68 75
Сутки	1,643 678	0,70098 0392	0,68209 8765	0,146 841	0,032 953	0,038 693	0,076 007	0,061 525	0,1219 907	0,202 281	1,124 737	1,861 979

В случае отказа турбины, приходящий объем воды может переполнить водохранилище и вода выйдет из уровня верхнего бьефа плотины, что может привести к разрушению плотины или инфраструктуры возле плотины. Что бы это не произошло нужно установить устройство холостого водосброса. Выбор устройства холостого водосброса производится по объему холостого слива устройства и максимального расхода воды из таблицы 28.

Рассчитаем объем холостого слива Q_{xc} горизонтальной водопроводящей трубы прямоугольного сечения, который определяется формулой (3.34):

$$Q_{xc} = 1,82 \cdot S_{сл}, \quad (3.34)$$

где $S_{сл}$ – площадь сливного устройства прямоугольного сечения, с размерами 0,5 на 3 м, м²;

1,82 - эмпирический безразмерный коэффициент, учитывающий величину ускорения свободного падения (9,81 м/с²) и коэффициент расхода горизонтальной водопроводящей трубы круглого сечения.

$$Q_{xc} = 1,82 \cdot (0,5 \cdot 3) = 2,73 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Так объем сброса устройством холостого слива превышает, максимальный расход из таблицы 28 равный 2,4 м³/сек (май месяц), то соответственно расчеты верны и принимаем к установке данный водосброс.

3.4.2.2 Расчёт мощности и выбор гидрогенератора

Мощность кВт микроГЭС определяется по формуле (3.35):

$$P = Q \cdot H \cdot \eta \cdot g \quad (3.35)$$

где Q – расход воды через турбину, м³/с, принимаем из таблицы 29 для летнего и зимнего периода;

H – напор воды, м, принимаем из таблицы 27 для зимнего и летнего периода;

$\eta = 0,7$ – коэффициент полезного действия;

$g = 9,8$ м/с² – ускорение свободного падения.

Исходя из формул (3.35), произведем расчет расхода воды и предполагаемой мощности микроГЭС для летнего периода и зимнего:

$$P_{\text{лет}} = Q_{\text{лет}} \cdot H_{\text{max}} \cdot \eta \cdot g = 2,4 \cdot 5 \cdot 0,7 \cdot 9,8 = 82,32 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{зим}} = Q_{\text{лет}} \cdot H_{\text{min}} \cdot \eta \cdot g = 0,3 \cdot 4 \cdot 0,7 \cdot 9,8 = 8,232 \text{ кВт};$$

Результаты расчетов из рассчитанной мощности принимаем к установке микроГЭС мощностью 10 кВт (МикроГЭС 10Пр). Характеристики МикроГЭС 10Пр представлены в таблице 31 [38].

Таблица 31 – Технические характеристики МикроГЭС 10Пр

Параметр	Величина
Напор (нетто), м	2-10
Расход воды, м ³ /с	0,07-0,3
Вырабатываемая мощность, кВт	до 4,0 до 10
Частота вращения, об/мин	1000 - 1500
Напряжение, В	400(+25 -50)
Частота тока, Гц	50 ± 2
Диаметр рабочего колеса, мм	235
Диаметр подводящего трубопровода, мм	300

Условия эксплуатации МикроГЭС 10Пр:

- температура воздуха, °С в месте расположения энергоблока от -10 до +40, в месте расположения электрических шкафов от 0 до +40;
- высота над уровнем моря, м до 1000; (При установке МикроГЭС на высоте более 1000м максимальная мощность должна быть ограничена).
- относительная влажность воздуха в месте расположения электрических шкафов не более 98% при $t = + 25^{\circ} \text{C}$.

Конструкция МикроГЭС 10Пр состоит из следующих элементов:

Энергоблок - предназначен для выработки электроэнергии и состоит из гидравлической турбины и асинхронного 3х фазного двигателя, используемого в качестве генератора;

Блок балластной нагрузки - предназначен для поглощения избыточной активной мощности МикроГЭС. Блок балластной нагрузки представляет собой шкаф внутри которого расположены термоэлектрические нагреватели.

Устройство автоматического регулирования - предназначено для управления и защиты энергоблока. Оно обеспечивает возбуждение асинхронного генератора и автоматическое регулирование вырабатываемого им напряжения и

частоты. Устройство автоматического регулирования обеспечивает защиту от перегрузки, перенапряжения и короткого замыкания

Устройство водозаборное выполнено в виде сетчатого короба, внутри которого расположен водозаборный патрубок с запорным органом. Водозаборное устройство предназначено для предотвращения попадания в энергоблок плавающего мусора [38].

Габаритные, установочные и присоединительные размеры указаны на рисунке 22.

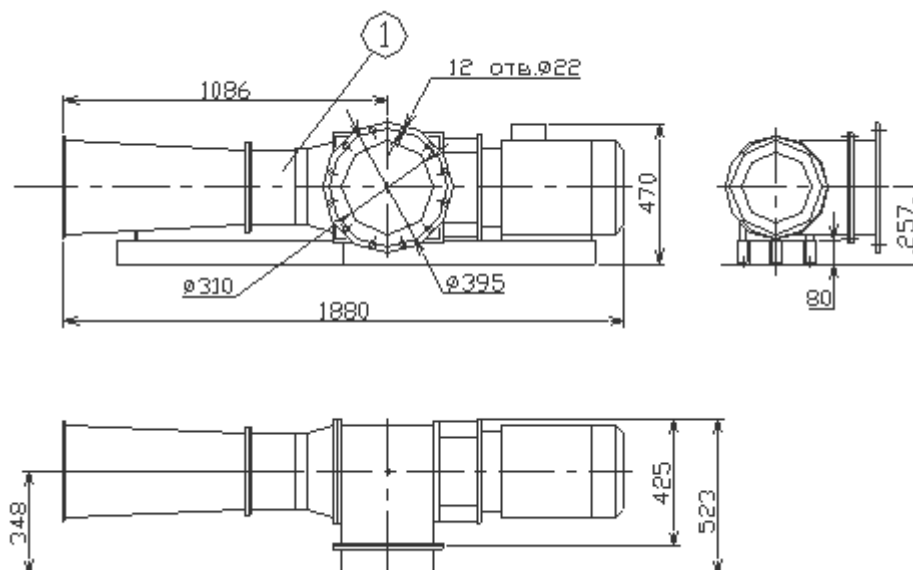


Рисунок 22 – Габаритные, установочные и присоединительные размеры МикроГЭС 10Пр

Для строительства МикроГЭС так же потребуется возведение блочной бетонной плотины с устройством холостого сброса, а так же небольшое помещения для установки гидрогенератора и всего сопутствующего оборудования. А так же потребуется увеличения насыпной части существующего водоема.

Примерный вид расположения МикроГЭС на территории объекта «Таловка» представлен на рисунке 23.

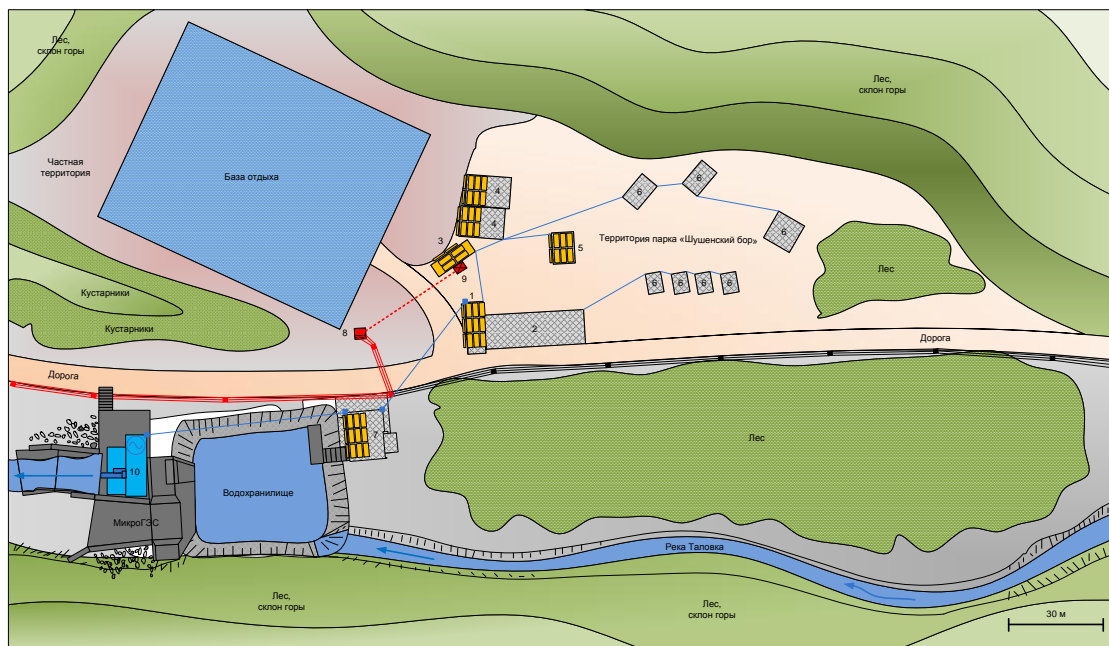


Рисунок 23 – Схема размещения водохранилища и микроГЭС

3.5 Сравнительный анализ альтернативных вариантов предлагаемых систем электроснабжения с использованием различных нетрадиционных возобновляемых источников энергии

Для электроснабжения объектов в данной работе было предложено следующие системы с использованием нетрадиционных источников энергии: ветровая энергоустановка (ВЭУ), солнечная электростанция (СЭС) и микроГЭС.

Солнечная электростанция для выбранного региона, позволяет в летние месяцы получать большое количество энергии, которую так же можно при возможности продавать в единую энергосистему и получать дополнительную прибыль. Но СЭС не работает ночью, а так же ее мощность значительно снижается при сильных туманах и снегопадах. Поэтому одним из критериев использования СЭС является накопление электроэнергии аккумуляторных батареях, что удорожает систему. Так же СЭС выдает электроэнергию постоянного тока, а все потребители, как известно (за исключением не которых видов потребителей и освещения) работают от переменного тока. Поэтому необходим инвертор, который так же удорожает систему.

Исходя из всех перечисленных особенностей, а так же по результатам расчёта на объекте «Пойлово» необходимо применение гибридной электростанции – то есть совместно с ветрогенератором, который будет заряжать батареи при недостатке солнечной радиации.

На объекте «Таловка» СЭС полностью удовлетворяет потребности в электроэнергии, но из расположения в горной местности выработка СЭС может сократиться. Поэтому, дополнительно возможно установить микроГЭС.

Так же при использовании СЭС необходимо помнить, что выработка электроэнергии со сроком эксплуатации сократиться. Деграция ФЭУ составляет примерно 10% от мощности за 10 лет, то есть примерно 1% в год [20].

СЭС является более гибкой системой, так как ее можно расширять и наращивать количество ФЭУ и мощность всей СЭС соответственно. Поэтому применение СЭС предпочтительнее особенно в Хакасии с большим количеством солнечных дней в году.

Ветрогенераторная установка (ВЭУ) работает от ветровой энергии и поэтому, для питания только от ветрогенераторов необходимо выбирать подходящее место ветреное место – вершины склон, гор, а так же желательно без естественных и искусственных преград в виде леса, домов, холмов и т.п. Поэтому использование ВЭУ при малой ее мощности выгодно использовать в купе с другими НВИЭ.

Использование микроГЭС будет целесообразным при наличии на объекте достаточных гидроресурсов, а так же возможности их применения по местным геологическим условиям. Так если река или ручей пробегает в сложных условиях то применение ГЭС будет нецелесообразным. Так на объекте «Таловка» уже имеется подходящий для создания водохранилища водоем. А на объекте «Пойлово» река протекает в сложных условиях, а так же для выбора микроГЭС мешает то факт, что объект удален от основных дорог. Поэтому применение более мощной ГЭС ограничено.

При проектировании микроГЭС особенно блочного типа и создание водохранилища необходимого объема – необходимо согласовывать с соответствующим государственным ведомством, так как это может повлиять на экосистему реки, гидрологическую обстановку и может нанести вред флоре и фауне данной местности. Не стоит так же забывать, что некоторые микроГЭС можно применять только летом, так как в зимнее время река, которую возможно использовать в качестве источника энергоносителя, промерзает до дна. В горных реках так же при прохождении обильных дождей возможны наводнения и выход рек из берегов, совместно с селевыми потоками, которые могут вывести плотину и МикроГЭС из строя.

Достоинствами микроГЭС является, то что они обычно уже изначально вырабатывают переменный ток частоты 50 Гц, а так же при достаточных ресурсах постоянно вырабатывают мощность, не влияющею как у СЭС и ВЭУ от солнца и ветра.

Исходя из всего перечисленного, микроГЭС рекомендуется использовать при находящихся вблизи удобных гидрологических ресурсов, использование которых, минимально повлияет на экологию и не будет затратное.

3.6 Влияние на экологию проектов с нетрадиционными возобновляемыми источниками энергии и соблюдение природоохранных требований

Разберем влияние на экологию проектов с НВИЭ и соблюдение природоохранных требований по каждой установке отдельно.

Наряду с преимуществами, СЭС имеют и недостатки, такие как отрицательное влияние на окружающую среду некоторых элементов солнечных установок, а точнее производство этих элементов.

Производство одного из элементов солнечных батарей – кремния – оказывает вредное воздействие на окружающую среду. Так же фотоэлементы содержат кадмий, галлий, мышьяк, при производстве которых потребляются другие опасные элементы.

Еще одной проблемой является утилизация солнечных элементов. Большинство компаний не хотят заниматься утилизацией, считая это дело высокочрезвычайно затратным.

Еще одним минусом солнечной энергетикой является то, что при большом количестве ФЭМ СЭС занимает значительные площади и данную территорию использовать для других нужд, не представляется возможным.

Однако, несмотря на вышеизложенные проблемы, солнечная энергетика будет развиваться, постоянно совершенствуя свои технологии. Это связано с тем, что данный вид альтернативной энергетики является прекрасным дополнением к традиционной энергетике.

Основными факторами, влияющими на окружающую среду ВЭУ следующие: шум при работе, визуальное влияние, использование земли и угроза жизни птиц и млекопитающих.

Ветряные энергетические установки производят две разновидности шума: механический шум (шум от работы механических и электрических компонентов) и аэродинамический шум (шум от взаимодействия ветрового потока с лопастями установок).

Использование земли. Турбины занимают только 1% от общей территории ветровой фермы. Остальные 99% площади фермы не используются. Хотя возможно их использование в сельском хозяйстве.

Жизнь, которой подвергаются животные и птицы. Одним из главных недостатков ВЭС считают их воздействие на птиц и их миграции.

Влияние на экологию микроГЭС сравнимо с влиянием обычных ГЭС, но в гораздо меньших масштабах. Для практически всех ГЭС влияние на окружающую среду обусловлено, следующими факторами, а именно:

Во-первых, строительство плотин на равнинных реках вызывает затопление больших территорий под водохранилища, что связано с переселением людей и потерей пахотных земель, лугов и пастбищ.

Во-вторых, плотина, перегораживая реку, создает непреодолимые препятствия для миграции проходных и полупроходных рыб, которые поднимаются на нерест в верховья рек.

В-третьих, в хранилищах вода застаивается, проточность ее замедляется. Это сказывается на жизни всех организмов, обитающих в реке и у реки.

В-четвертых, местное повышение воды оказывает влияние на грунтовые воды, приводит к подтоплению, заболачиванию, а также к эрозии берегов и оползням.

В-пятых, крупные высотные плотины на горных реках представляют собой источники опасности, особенно в районах с высокой сейсмичностью.

Для соблюдения природно охранных требований необходимо применение ниже описанных мероприятий.

Так при работе СЭС, ВЭУ и микроГЭС должны приниматься меры для предупреждения и ограничения вредного воздействия на окружающую среду шума, вибраций, электрических и магнитных полей и иных вредных физических воздействий, выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и сбросов в водные объекты.

При эксплуатации СЭС, ВЭУ и микроГЭС необходимо руководствоваться: ФЗ «Об окружающей среде», Водным кодексом РФ, ГОСТ 17.2.3.02.

В соответствии с ГОСТ Р 51991 места для установки ВЭУ должны быть выбраны в стороне от традиционных путей перемещения, мест кормления, размножения перепелиных птиц и животных. Во избежание случаев гибели птиц в районе расположения ВЭУ при необходимости должны быть установлены акустические маяки, отпугивающие птиц.

На каждой электростанции должен быть составлен экологический паспорт, который должен быть разработан в соответствии с ГОСТ 17.0.0.04. ВЭУ должна контролировать уровень шума, создаваемых одиночной ВЭУ.

Уровень шума на расстоянии 50 м от ВЭУ не должен превышать 60 дБ в соответствии с требованиями ГОСТ Р 515991.

Наружные поверхности несущих конструкций ВЭУ должны быть окрашены в соответствии с требованиями ГОСТ Р 54435.

4 Расчет затрат на реализацию проектов с нетрадиционными возобновляемыми источниками энергии

4.1 Расчет затрат на потребленную электроэнергию

Исходя из энергопотребления, согласно таблиц 3 и 6 рассчитаем стоимость электрической энергии для каждого объекта за 2016 год, исходя из стоимости 2,5178 рублей/кВт·ч, согласно АО «Хакасэнергосбыт» [40] и занесем данные в таблицу 32

Таблица 32 – Расчет стоимости потребленной электроэнергии на объекте по месяцам

Месяц	Расход э/э, кВт·ч за 2016 год «Полово»	Расход э/э, кВт·ч за 2016 год «Таловка»	Стоимость э/э, руб за 2016 год «Полово»	Стоимость э/э, руб за 2016 год «Таловка»	Итого
Январь	13500	2672	33990,3	6727,562	40717,86
Февраль	10900	1849	27444,02	4655,412	32099,43
Март	8900	1194	22408,42	3006,253	25414,67
Апрель	3940	670	9920,132	1686,926	11607,06
Май	4160	486	10474,048	1223,651	11697,7
Июнь	1860	339	4683,108	853,5342	5536,642
Июль	2080	431	5237,024	1085,172	6322,196
Август	3010	460	7578,578	1158,188	8736,766
Сентябрь	3460	504	8711,588	1268,971	9980,559
Октябрь	6840	1559	17221,752	3925,25	21147
Ноябрь	10340	1678	26034,052	4224,868	30258,92
Декабрь	10980	1760	27645,444	4431,328	32076,77
Итого	79970	13602	201348,466	34247,12	235595,6

Согласно расчетам из таблицы 32 стоимость потребленной электроэнергии в год составляет за 2016 год 235 595,6 рубля.

4.2 Укрупнённый расчет стоимости подключения к существующим сетям

4.2.1 Расчет стоимости строительства ПС 35/0,4 кВ «Пойлово»

Расчет стоимости будем проводить согласно, методики [41].

Исходные данные для расчета:

1. Общая характеристика района размещения ПС
 - 1.1. Месторасположение ПС – Сибирский федеральный округ, Россия.
 - 1.2. Рельеф площадки ПС – равнинный.
2. Технические показатели подстанции 35/0,4 кВ
 - 2.1. Мощность – 0,25 МВА.

2.2. Тип и количество трансформаторов - ТМ-250/35-У1, 1 шт.

3. Расчет затрат на строительство ПС 35 кВ «Пойлово» приведен в таблице 33.

Таблица 33 – Расчет затрат на строительство ПС 35 кВ «Пойлово»

№ п/п	Составляющие затрат	Номер таблицы (источник [41])	Расчет затрат	Величина затрат, тыс. руб
1	Установка одного силового трансформаторов мощностью до 6,3 МВА	Таблица 16	1 x 2068	2068
2	Постоянная часть затрат (благоустройство, ограждение, дополнительное оборудование) для ПС 35 кВ	Таблица 27	470	470
3	Итого			2538
4	Стоимость строительства ПС (с учетом затрат, сопутствующих строительству 16,5 %)	п. 4.7	1,165 x 2538	2956,77

Итоговая стоимость строительства подстанции составит в ценах на 2016 г. 2956,77 тыс. руб.

Укрупненные стоимостные показатели ПС 35 кВ и выше приведены по подстанциям в целом и по отдельным основным элементам, к которым относятся: распределительные устройства и отдельные ячейки; трансформаторы (автотрансформаторы); постоянная часть затрат.

4.2.2 Расчет стоимости строительства ПС 6,3/0,4 кВ «Таловка»

Расчет стоимости будем проводить согласно, методики [42].

Исходные данные для расчета:

1. Общая характеристика района размещения ПС

1.1. Месторасположение ПС – Сибирский федеральный округ, Россия.

1.2. Рельеф площадки ПС – горно-равнинный.

2. Технические показатели подстанции 6/0,4 кВ

2.1. Мощность – 0,1 МВА.

2.2. Тип и количество трансформаторов - ТМ-100/6-УХЛ1, 1 шт.

3. Расчет затрат на строительство ПС 6 кВ «11А-02-05 (Таловка)» приведен в таблице 34.

Таблица 34 – Расчет затрат на строительство ПС 6 кВ «11А-02-05 (Таловка)»

№ п/п	Составляющие затрат	Номер таблицы (источник [42])	Расчет затрат	Величина затрат, тыс. руб
1	Установка комплектной однострансформаторной подстанции мощностью до 0,1 МВА	Таблица Т-3	1 x 856	856
2	Итого			856

Итоговая стоимость строительства подстанции составит в ценах на 2016 г. 856 тыс. руб.

Составляющие стоимости строительства ПС 6/0,4 кВ составляют: стоимость оборудования (ПС (в том числе приборы учета и измерения электроэнергии), разъединитель на опоре), стоимость строительно-монтажных работ с учетом стоимости используемого материала (устройство фундамента, опорных металлоконструкций, заземления), стоимость проектно-изыскательских работ, стоимость подготовки и благоустройства территории, а также сопутствующие затраты.

Согласно расчетов приведенных в пункте 4.2.1 и 4.2.2 данной работы примерная стоимость работ по строительству подстанции на объекте «Пойлово» составит 2956,77 тыс. руб, а на объекте «Таловка» 856 тыс. руб.

В данную стоимость не включена стоимость технологического присоединения, а так же стоимость строительства ВЛ 6 или 35 кВ до объектов, а так же другие сопутствующие работы.

4.2.3 Расчет стоимости технологического присоединения объектов исследования

Согласно решения Правления Государственного комитета по тарифам и энергетике Республики Хакасия (протокол заседания Правления от 26 декабря 2016 года № 13) плата Р на технологическое присоединение энергопринимающих устройств максимальной мощностью, не превышающей 150 кВт включительно, отнесенных к третьей категории надежности (по одному источнику электроснабжения) рассчитывается по формуле (3.36) [43].

$$P = C_1 \cdot N + k_1 \cdot \sum_i C_{2,i} \cdot L_{2,i} + k_2 \cdot \sum_i C_{3,i} \cdot L_{3,i} + k_3 \cdot \sum_i C_{2,i} \cdot N, \quad (3.36)$$

где C_i – стандартизированная тарифная ставка на покрытие расходов при технологическом присоединении по мероприятиям, не включающим в себя строительство объектов электросетевого хозяйства, (руб./кВт), из приложения 1 [43];

$C_{2,i}$ – стандартизированная тарифная ставка на покрытие расходов сетевой организации на строительство воздушных линий электропередачи на

i-м уровне напряжения, (руб./км), из приложения 1 [43];

$C_{3,i}$ – стандартизированная тарифная ставка на покрытие расходов сетевой организации на строительство кабельных линий электропередачи на i-м уровне напряжения, (руб./км), из приложения 1 [43];

$C_{4,i}$ – стандартизированная тарифная ставка на покрытие расходов сетевой организации на строительство подстанций, (руб./кВт) , из таблицы 5 [43];

N – объем максимальной мощности, указанный в заявке на технологическое присоединение заявителем, (кВт) , из таблицы 2 и 5;

k_1 - суммарная протяженность воздушных линий на i-том уровне напряжения, строительство которых предусмотрено согласно выданным техническим условиям для технологического присоединения заявителя, (км);

k_2 – суммарная протяженность кабельных линий на i-том уровне напряжения, строительство которых предусмотрено согласно выданным техническим условиям для технологического присоединения заявителя, (км);

k_3 – индексы изменения сметной стоимости по строительно-монтажным работам при воздушной прокладке кабеля с алюминиевыми жилами, подземной прокладке кабеля с алюминиевыми жилами, прочим объектам соответственно для Республики Хакасия к федеральным единичным расценкам 2001 года, определенные Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на квартал, предшествующий кварталу, в котором рассчитывается плата за технологическое присоединение, из таблицы 5 [43], учтена в полной стоимости тарифной ставки.

Расчет стоимости P_1 технологического подключения для объекта «Пойлово» согласно формулы (3.36), при учете, что длина линии 0,4 кВ от ближайшей подстанции составляет 0,5 км, а заявленная максимальная мощность 57 кВт:

$$P_1 = 199,42 \cdot 57 + 311383,88 \cdot 0,5 + 2053,10 \cdot 57 = 284085,58 \text{ руб.}$$

Расчет стоимости P_2 технологического подключения для объекта «Таловка» согласно формулы (3.36), при учете, что длина линии 10 кВ от ближайшей подстанции составляет 3,04 км, а заявленная максимальная мощность 16 кВт:

$$P_2 = 199,42 \cdot 16 + 433652,26 \cdot 3,04 + 1073,23 \cdot 16 = 1338665,27 \text{ руб.}$$

Исходя из стоимости строительства и технологического присоединения полная стоимость подключения для объекта «Пойлово» составит 3240785,58 рублей, а для объекта «Таловка» 2194665,27 рублей.

4.3. Стоимость установки нетрадиционных и возобновляемых источников энергии

Стоимость СЭС, ВЭУ и микроГЭС состоит из стоимости основного оборудования (ФЭМ, ветрогенераторы, гидрогенераторы, инверторы и т.п.), стоимости дополнительного оборудования (кабельная продукция, крепления, мачты ветрогенератора, запорной арматуры микроГЭС и т.п.) и стоимости работ по установке (строительно монтажные работы, электромонтажные работы), а так же стоимости на пректно-изыскательную работу.

Стоимость основного выбранного оборудования СЭС, ВЭУ и микроГЭС представлена в таблице 35.

Таблица 35 – Стоимость основного выбранного оборудования СЭС, ВЭУ и микроГЭС

Оборудование	Объект "Пойлово"			Объект "Таловка"		
	Количество, шт	Стоимость, руб.	Стоимость общая, руб.	Количество, шт	Стоимость, руб.	Стоимость общая, руб.
Солнечная электростанция						
Фотоэлектрический модуль ФСК-200	142	10500	1491000	54	10500	567000
АКБ MicroArt 2-960	432	14200	6134400	144	14200	2044800
Солнечный контроллер ЭКО ЭНЕРГИЯ МРРТ ПРО 100А 200В	18	41900	754200	6	41900	251400
Инвертор инвертор МАП HYBRID 48 - 45	1	427 500	427500	-	-	-
Инвертор инвертор МАП HYBRID 48 - 13,5	-	-	-	1	211200	211200
Итого		8807100				3074400
Ветровая электростанция						
Ветрогенератор 3 KW-48V STORM USE	1	364320	364320	-	-	-
Мачта для ветрогенератора	1	49500	49500	-	-	-
МРРТ контроллер: КЭВ Dominator МРРТ 200В 5 кВт	1	69900	69900	-	-	-
Итого		483720				
МикроГЭС						
Гидрогенерато	-	-	-	1	356000	356000
Итого		-			356000	

Согласно [44] максимальная стоимость строительства одного киловатта для проектов по созданию ВЭУ составляет 65,76 тыс. рублей, солнечных – 116,45 тыс. Цена для микроГЭС выше всех – 146 тыс. рублей за киловатт. Исходя из [44] этих данных в таблице 36 указана стоимость СЭС, ФЭУ и микроГЭС для двух данных объектов исследования.

Таблица 36 – Укрупненный расчет стоимости НВИЭ

Укрупненный расчет стоимости НВИЭ		
Стоимость за кВт тыс.руб	Объект "Пойлово"	Объект "Таловка"
Стоимость ВЭУ	3 кВт	-
65,76	681	-
Стоимость СЭС	36 кВт	12 кВт
116,45	12999,3	4471,8
Стоимость микроГЭС	-	12 кВт
146	-	1752
Итого стоимость НВИЭ	13680,3	6223,8

Как видно из расчетов стоимость установки НВИЭ значительно превышает, стоимость подключения с единой энергетической системой, это связано в первую очередь с незначительным удалением от сетевой инфраструктуры объектов исследования.

5 Разработка макета солнечного гелиостата

Солнечные панели имеют максимальный КПД в том случае, когда они расположены перпендикулярно падающим на них солнечным лучам. Но солнце перемещается по небосводу и стационарно установленные панели из-за этого теряют часть своей эффективности. Чтобы повысить их эффективность, используют гелиотрекеры — специальные устройства, которые поворачивают панели «вслед» за солнцем.

Солнечный гелиотрекер предназначен для постоянного слежения за солнцем при его движении по небосклону. Позволяет максимально собирать солнечную энергию на прикрепленные к нему солнечные батареи. Солнечный гелиотрекер имеет два крайних положения Восток и Запад.

Промежуточные положения обеспечивает система трекера на базе платы с микроконтроллером - отслеживающая с помощью датчиков положение солнца на небосклоне.

Макет предназначен для изучения выработки энергии солнечными элементами с помощью гелиотрекера. Так же макет изготовлен для изучения принципов построения солнечных мини электростанций в учебных целях.

Основными узлами и деталями макета солнечного гелиотрекера являются: поворотный механизм с сервоприводами и прикрепленными к нему солнечными элементами, микроконтроллер с обвязкой и датчиками, солнечный контроллер, аккумулятор, а так же инвертор.

Поворотный механизм с помощью сервоприводов по программе, которая поступает от микроконтроллера, производит поворот на заданный угол, следя за движением солнца (источником света) по небосклону, собирая максимально возможную мощность солнечной энергии.

Вращение поворотного механизма производит два сервопривода. Микроконтроллер задает угол вращения, на который передвигается сервопривод.

В качестве элементов визуализации и снятия основных характеристик используется жидкокристаллический дисплей и микро ампервольтметр цифровой с датчиком напряжения.

В качестве питания системы макета выступает – аккумуляторная батарея, заряжаемая от солнечных панелей через солнечный контроллер. Так же источником питания макета может быть любой источник постоянного тока от 5 до 12 вольт (не менее 1 Ампера).

Упрощенная схема макета представлена в приложении 1. Код программы и ее описание представлено в приложении 2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе рассмотрены принципы расчета, выбора и работы систем электроснабжения с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Провели исследование трех объектов Национального парка «Шушенский бор» и пришли к выводу, что целесообразно использовать гибридную систему электроснабжения, основанную на использовании СЭС, ВЭУ и микроГЭС. Провели расчет СЭС, ВЭУ и микроГЭС. Рассчитали стоимость данных установок и сравнили их с затратами на подключение к сетям единой энергетической системы. Показали, что применение нетрадиционных источников энергии на данный момент несет большие затраты по сравнению с традиционными источниками энергии, но более экологично. Так же для изучения принципов увеличения эффективности СЭС разработали макет системы для слежения за солнцем.

В дальнейшем нужно продолжить разработку в данном направлении, так как использование нетрадиционных источников энергии открывает большие перспективы в развитии малой энергетики в удаленных и экологически чистых районах России.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Клод Мандил. Возобновляемая энергия в России: От возможности к реальности / Клод Мандил. – Москва : Наука. Техника, 2004. – С. 27–53.
2. Вопросы и ответы о возобновляемых источниках энергии [Электронный ресурс] : ПАО «РусГидро» // ПАО «РусГидро». – Москва, 2016. – Режим доступа: <http://www.rushydro.ru/press/material/26712.html>
3. Солнечная энергетика [Электронный ресурс] : / Википедия – свободная энциклопедия – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная энергетика](https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_энергетика)
4. Лукутин, Б. В. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями : учебное пособие / Б. В. Лукутин, И. О. Муравлев, И. А. Плотников. – Томск : Издательство ТПУ, 2015. – С. 47–66.
5. Лятхер, В. М. Развитие ветроэнергетики / В. М. Лятхер // Журнал «Малая энергетика». – Москва, 2006, – № 1. – С. 17–20 ; № 2. – С. 20–24
6. Обухов, С. Г. Микрогидроэлектростанции : учебное пособие / Обухов, С. Г. – Томск: Издательство ТПУ, 2009. – С. 18–61.
7. Проекты гибридных ветро-солнечных станций [Электронный ресурс]: / ООО «Солнечная энергия+». – Горно-Алтайск, 2017. – Режим доступа: <http://solar04.ru/project/>
8. Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова [Электронный ресурс] : / Энергетический факультет. АлтГТУ им. И. И. Ползунова. – Барнаул, 2017. – Режим доступа: <http://altstu.ru/structure/faculty/ef/news/4199/>
9. Лесохозяйственный регламент лесничества «Национальный парк «Шушенский бор» /Федеральное государственное учреждение «Национальный парк «Шушенский бор». – Красноярск, 2010. – С. 9–27.
10. Симов, В. Г. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 16, вып.1-Енисей / В. Г. Симов. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1972 –722 с.
11. Правила устройства электроустановок . – 7-ое изд., перераб. и доп., с изм. – Екатеринбург: ООО «Модуль», 2013. –24 с.
12. ГОСТ 13109-97 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 01.07.1997. – Москва : Стандартинформ, 2012. –20 с.
13. Дулесова, Н. В. Системы электроснабжения : учебное пособие по курсовому проектированию / Н. В. Дулесова. – Абакан: :Ред.-изд. сектор ХТИ – филиала СФУ, 2016. –30 с.
14. Латушкина, Л. Л. Дипломное проектирование по специальности 140211.65 «Электроснабжение» : учеб. пособие /Л. Л. Латушкина, А. Д. Макаревич, А. С. Торопов, А. Н. Туликов. – Абакан : Ред.-изд. сектор ХТИ – филиала СФУ, 2012. – 232 с.
15. Кудрин, Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий : учебник для студентов высших учебных заведений.– 2-е изд. / Б. И. Кудрин.– Москва. : Интермет Инжиниринг, 2006. –672 с.

16. НТП ЭПП-94. Нормы технологического проектирования. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий. – Москва : АООТ ОТК ЗВНИ ПКИ Тяжпромэлектропроект, 1994 (1-я редакция). – 25 с.
17. СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. – Введ. 01.01.2004. – Москва : Стандартинформ, 2015 – 75 с.
18. РД 34.20. 185-94. Нормативы для определения расчетных электрических нагрузок зданий (квартир), коттеджей, микрорайонов (кварталов) Застройки и элементов городской распределительной сети. Изменения и дополнения. – Введ. 01.08.1999. – Москва : Стандартинформ, 2013 – 12 с.
19. Расчет электрических нагрузок [Электронный ресурс] : /Проектируем электрику вместе – Москва, 2013. – Режим доступа : <http://vgs-design-el.blogspot.ru/>
20. Нян, Л. А. Разработка солнечной фотоэлектрической системы автономного электроснабжения индивидуальных потребителей в тропических условиях : автореф. дис. ... к. т. н. Электротехнические комплексы и системы 05.09.03 ; рук. В. Г. Еременко к.т.н., проф. (НИУ «МЭИ») / Л. А. Нян. – Москва : Типография издательства МЭИ, 2015. – 157 с.
21. Каталог стандартных солнечных батарей и модулей [Электронный ресурс] : /ООО «Solbat». – Краснодар, 2017. – Режим доступа: <http://www.solbat.ru/catalog/standsolmod/>
22. On-line калькулятор солнечной, ветровой и тепловой энергии [Электронный ресурс] : / ООО "Гелиос Хаус. – Москва, 2017. – Режим доступа: <http://www.helios-house.ru/on-line-kalkulyator.html>
23. О мерах по стимулированию использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности [Электронный ресурс] : / Правительство России. – Москва, 2017. – Режим доступа: <http://government.ru/docs/20510/>
24. Наземное солнечное излучение [Электронный ресурс] : / ООО «Энергосистемы». – Санкт-Петербург, 2017. – Режим доступа: <http://ust.su/solar/media/section-inner12/637/>
25. Хрусталева, Д. А. Аккумуляторы. / Д. А. Хрусталева. – Москва.: Изумруд, 2003. – Гл. 2 – С. 45–88.
26. Аккумулятор тяговый панцирный MicroArt 2-720 [Электронный ресурс]. / ЭнерджиВинд. – Москва, 2017. – Режим доступа: <http://energywind.ru/katalog/panczirnyie-akkumulyatoryi/akkumulyator-tyagovyyj-panczirnyij-microart-2-960>
27. Виды контроллеров для солнечных батарей и как выбирать. [Электронный ресурс] : /Электрика в доме. – Москва, 2017. – Режим доступа: <http://electricadom.com/kontroller-dlya-solnechnykh-batarejj-i-kak-vybirat.html>
28. Коровин, Н. В. Химические источники тока : справочник. / Н. В. Коровин, Скундин А. М. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2003. – 740 с.

29. Солнечный контроллер есо "Энергия" Контроллер MPPT Pro. [Электронный ресурс] : / Компания МикроАРТ. – Москва, 2013, 2017. – Режим доступа: http://www.invertor.ru/zzz/item/eco_mppt_pro_200_100
30. Инвертор для солнечных батарей. [Электронный ресурс] /SolarSoul.net// – 2017. – Режим доступа: <http://solarsoul.net/invertor-dlya-solnechnyx-batarej>
31. Охоткин, Г. П. Методика расчета мощности солнечных электростанций / Г. П. Охоткин. // Вестник Чувашского университета. – Чебоксары, 2013, № 3. – 230 с.
32. МАП HYBRID. [Электронный ресурс] : / Компания МикроАРТ. – 2017. – Режим доступа: http://www.invertor.ru/zzz/item/map_hybrid_48_18
33. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки – Введ. 31.10.1996. – Москва : Стандартинформ, 2013 – 8 с..
34. Ельникова, В. Ю. Оценка обеспеченности территории Республики Хакасия ресурсами ВИЭ / В. Ю. Ельникова Д. А. Половников // Международный научно-исследовательский журнал / – Екатеринбург, 2014 ; № 10. – С.52 – 55
35. Ветрогенератор 48 В 3/4 кВт STORM USE. [Электронный ресурс] : /Компания МикроАРТ – 2017. – Режим доступа: http://www.invertor.ru/zzz/item/storm_use_48_3
36. Контроллер КЭВ Dominator MPPT 200В 5 кВт.[Электронный ресурс]: /Компания МикроАРТ – 2017. – Режим доступа: http://www.invertor.ru/zzz/item/kev_mppt_dominator
37. О толщине льда на реках России [Электронный ресурс] : /Гидрометцентр России – 2017 .– Режим доступа: <http://www.meteoinfo.ru/news/1-2009-10-01-09-03-06/13883-20022017->
38. Микрогидроэлектростанция мощностью 10 кВт (МикроГЭС10Пр) [Электронный ресурс] : /ООО «МНТО ИНСЭТ». – 2017.– Режим доступа: http://www.inset.ru/r_offers/MHPP-10Pr.htm
39. Персональные зеленые электростанции [Электронный ресурс] : / Компания Свободная Энергия – Москва, 2015. – Режим доступа: <http://www.solarroof.ru>
40. Тарифы на электроэнергию. [Электронный ресурс] : /АО Хакасэнергосбыт. – Абакан, 2017. – Режим доступа: <http://www.khakensb.ru/corporate/tariffs/>
41. СТО 56947007-29.240.124-2012 Сборник «Укрупнённые стоимостные показатели линий электропередачи и подстанций напряжением 35-1150 кВ» 324 тм - т1 для электросетевых объектов ПАО «ФСК ЕЭС». – Введ. 09.07.2012. – Москва : ПАО «ФСК ЕЭС», 2012 – 33 с.
42. Об утверждении укрупненных нормативов цены типовых технологических решений капитального строительства объектов электроэнергетики в части объектов электросетевого хозяйства. [Электронный

ресурс] : / АО «Кодекс». – Москва, 2017. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420339234>

43. Приказ № 20-П от 26.12.2016 Правительства Республики Хакасия «Об утверждении платы за технологическое присоединение к электрическим сетям филиала ПАО «МРСК Сибири» - «Хакасэнерго» на 2017 год». [Электронный ресурс] : / Правительство Республики Хакасия. – Абакан, 2017.– Режим доступа: <http://www.r-19.ru/documents/>

44. Господдержка проектов по использованию ВИЭ. [Электронный ресурс] : /Ассоциация «НП Совет рынка». – Москва, 2017. – Режим доступа : http://www.np-sr.ru/presscenter/smipubl/SR_0V031364

Структурная схема гелиотрекера

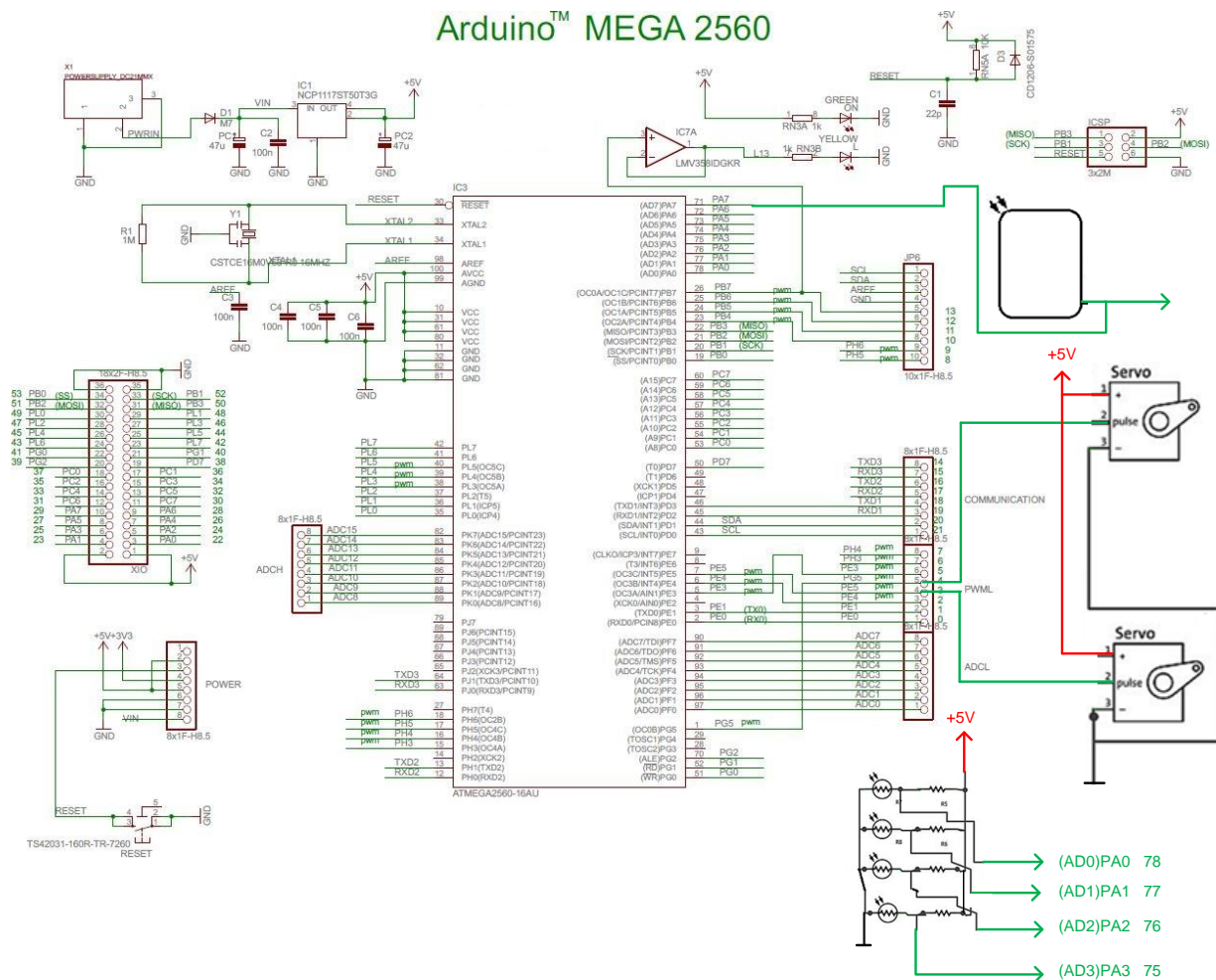


Рисунок П.А – Структурная схема гелиотрекера

Код программы гелиотрекера

```
// настройки цифрового вольтметра-----

int analogInput = 7;    // переменная для удобства иници. и работы с аналог. портом 7
float vout = 0.0;       // переменная с значением выходного напряжения
float vin = 0.0;        // переменная с результатом измерений
float R1 = 30000.0;     // сопротивление R1 датчика напряжения
float R2 = 7500.0;      // сопротивление R2 датчика напряжения
int value = 0;          // переменная хранения данных

// настройки монитора-----

#include <LCD5110_Basic.h>    // Добавляем библиотеку ЛСД экрана
LCD5110 myGLCD(8,9,10,11,12); // Пин подключения лсд к микроконтроллеру
extern uint8_t sfu[];        // Загружаем картинку СФУ
extern uint8_t SmallFont[];  // Указываем шрифт лсд
extern uint8_t MediumNumbers[]; // средний шрифт для цифр (из библиотеки)

// настройки сервоприводов-----

#include <Servo.h>           // подключаем библиотеку управления сервоприводом
Servo horizontal;           // Называем серву
int servoh = 180;           // вводим переменную = 180
int servohLimitHigh = 180;  // вводим ограничения угла сервопривод горизонтальной
int servohLimitLow = 10;    // вводим ограничения угла сервопривод горизонтальной
Servo vertical;             // Называем сервопривод
int servov = 45;            // вводим переменную = 45
int servovLimitHigh = 90;   // вводим ограничения угла сервопривод горизонтальной
int servovLimitLow = 10;    // вводим ограничения угла сервопривод горизонтальной
int ldrLt = 0;              // указываем пины с фоторезисторами левая верхняя
int ldrRt = 2;              // указываем пины с фоторезисторами правая верхняя
int ldrLd = 1;              // указываем пины с фоторезисторами левая нижняя
int ldrRd = 3;              // указываем пины с фоторезисторами правая нижняя

void setup()

{
  Serial.begin(9600);        //указываем скорость данных монитора порта (для связи с
                             //компьютером)
  horizontal.attach(5);      //указываем пин горизонтального сервопривода 5
  vertical.attach(4);        //указываем пин вертикального сервопривода 4
  horizontal.write(90);      //указываем начальный угол поворота горизонт. сервопривода
  vertical.write(45);        //указываем начальный угол поворота верт. сервопривода
  pinMode(analogInput, INPUT); // инициализируем аналоговый порт 7, как вход
  myGLCD.InitLCD();          //инициализируем монитор
  myGLCD.drawBitmap(0, 0, sfu, 84, 48); //загружаем в монитор логотип СФУ
  delay(3000);               //задержка 3 секунды
  myGLCD.setFont(SmallFont); // Указываем шрифт лсд
  myGLCD.print("SIBERIAN", CENTER, 8); // вводим текст
}
```

```

myGLCD.print("FEDERAL", CENTER, 16); // вводим текст
myGLCD.print("UNIVERSITY", CENTER, 24); // вводим текст
delay(3000); //Задержка 3 секунды
myGLCD.clrScr(); // очищаем монитор
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.print("KHAKAS", CENTER, 8); // вводим текст
myGLCD.print("TECHNICAL", CENTER, 16); // вводим текст
myGLCD.print("INSTITUTE", CENTER, 24); // вводим текст
delay(3000); //задержка 3 секунды
}
void loop()
{
  int lt = analogRead(ldrLt); // вводим переменные левая верхняя
  int rt = analogRead(ldrRt); // вводим переменные правая верхняя
  int ld = analogRead(ldrLd); // вводим переменные левая нижняя
  int rd = analogRead(ldrRd); // вводим переменные правая нижняя
  // int dtime = analogRead(4)/20; // вводим переменные
  // int tol = analogRead(5)/4;
  int dtime = 10;
  int tol = 50;
  int avt = (lt + rt) / 2; // верхнее значение-максимальный
  int avd = (ld + rd) / 2; // нижнее значение-максимальный
  int avl = (lt + ld) / 2; // значение левый максимальный
  int avr = (rt + rd) / 2; // значение правый максимальный
  int dvert = avt - avd; // разница между верхней и нижней
  int dhoriz = avl - avr; // разница между левой и правой

  // Serial.print(avt); // Значения позиции в монитор порта (далее текст монитора порта)
  //Serial.print(" ");
  //Serial.print(avd);
  //Serial.print(" ");
  //Serial.print(avl);
  //Serial.print(" ");
  value = analogRead(analogInput); // читаем аналоговый сигнал, с аналог. порта - 7
  vout = (value * 5.0) / 1024.0; // внесение поправки (5.0 - напряжение питания)
  vin = vout / (R2/(R1+R2)); // в переменной будет значение входного напряжения
  myGLCD.clrScr(); // очищаем монитор
  myGLCD.print("voltage: ", LEFT, 0);
  myGLCD.setFont(MediumNumbers); // задаём размер шрифта
  myGLCD.printNumF(vin, 2, LEFT, 8);
  myGLCD.setFont(SmallFont); // задаём размер шрифта
  myGLCD.print("volt", RIGHT, 16);
  myGLCD.print("horizont: ", LEFT, 32);
  myGLCD.printNumI(int(servoh), 58, 32);
  myGLCD.print("{}", RIGHT, 32);
  myGLCD.print("vertical: ", LEFT, 40);
  myGLCD.printNumI(int(servov), 58, 40);
  myGLCD.print("{}", RIGHT, 40);
  // myGLCD.print("avl: ", LEFT, 32);
  // myGLCD.printNumI(int(avl), 58, 32);

```

```

//myGLCD.print("avr: ", LEFT, 40);

//myGLCD.printNumI(int(avr), 58, 40);
if (-1*tol > dvert || dvert > tol) // Проверяем разницу, что бы задать угол вертикального
сервопривода
{
    if (avt > avd)
    {
        servov = ++servov;
        if (servov > servovLimitHigh)
        {
            servov = servovLimitHigh;
        }
    }
    else if (avt < avd)
    {
        servov = --servov;
        if (servov < servovLimitLow)
        {
            servov = servovLimitLow;
        }
    }
    vertical.write(servov);
}
if (-1*tol > dhoriz || dhoriz > tol) // Попробуем разницу, что бы задать угол горизонтального
сервопривода
{
    if (avl > avr)
    {
        servoh = --servoh;
        if (servoh < servohLimitLow)
        {
            servoh = servohLimitLow;
        }
    }
    else if (avl < avr)
    {
        servoh = ++servoh;
        if (servoh > servohLimitHigh)
        {
            servoh = servohLimitHigh;
        }
    }
    else if (avl == avr)
    {
    }
    horizontal.write(servoh);
}
delay(dtime);
}

```

Бакалаврская работа выполнена мной самостоятельно. Используемые в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

Отпечатано в _____ экземплярах.

Библиография _____ наименований.

« _____ » _____ 20 ____ г.
(дата)

(подпись) (ФИО)